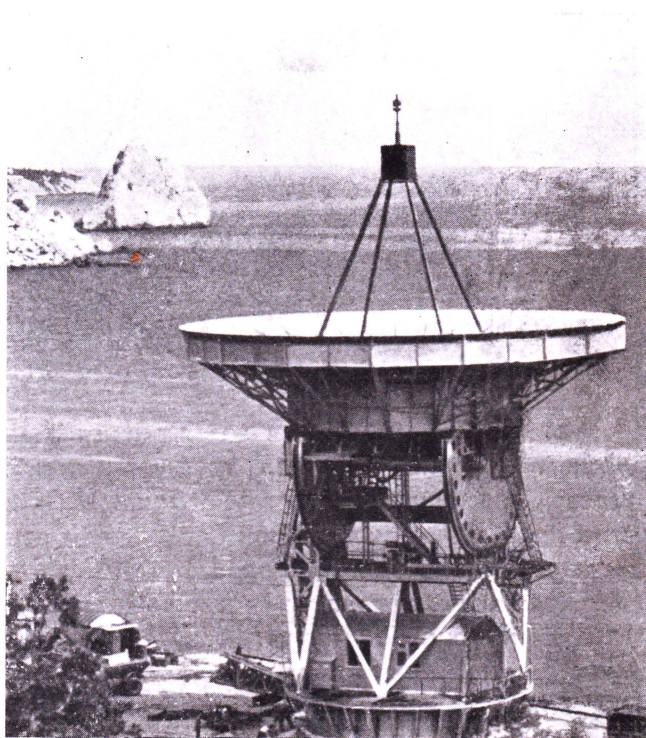




ЗЕМЛЯ и ВСЕЛЕННАЯ

З



1967
АСТРОНОМИЯ
ГЕОФИЗИКА
ИССЛЕДОВАНИЯ
КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

Летчик-космонавт СССР

ВЛАДИМИР МИХАЙЛОВИЧ КОМАРОВ



24 апреля 1967 г. при завершении испытательного полета на новом космическом корабле «Союз-1» трагически погиб один из первых покорителей Космоса выдающийся летчик-космонавт СССР, талантливый испытатель космических кораблей, дважды Герой Советского Союза, инженер-полковник, коммунист Владимир Михайлович Комаров.

Бессмертные подвиги, совершенные Владимиром Михайловичем Комаровым — командиром первого многоместного корабля «Восход» и испытателем нового космического корабля «Союз-1», с честью выполнившим задания Родины, навсегда войдут в историю науки и техники.

Безвременная гибель отважного сына советского народа Владимира Михайловича Комарова является тяжелой утратой для советской науки, для всей нашей Родины, для всего человечества.

Память о нем история будет хранить вечно.

ЗЕМЛЯ и ВСЕЛЕННАЯ

Научно-популярный журнал
Академии наук СССР

Основан в 1965 году

Выходит 6 раз в год



МАЙ—ИЮНЬ

3 1967

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
Москва

В НОМЕРЕ

Б. В. Кукаркин — Достижения советской астрономии в исследовании переменных звезд	2
С. П. Хромов — Погода завтра	14
А. А. Михайлов — Астрономическая единица длины	24
П. Г. Куликовский — Из истории советской астрономии [1930—1940]. Хроника. Фотодокументы	33
Ф. Пресс — Собственные колебания Земли	40
Е. Ф. Малеев — Активный вулкан Карымский	54
А. Г. Соколов — Конструкции современных радиотелескопов	60
В. А. Бронштэн — Метеорный дождь Леонид	69

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

К. Я. Кондратьев — Спутники решают практические задачи	79
--	----

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

А. Д. Марленский, В. Ф. Заболотный — Астрономические наблюдения в июле — августе 1967 года	85
--	----

ФАНТАСТИКА

Я. Уильямсон — Химическое растение	88
--	----

КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

Б. А. Петрушевский — «Когда сотрясается Земля»	95
--	----

НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Новая фотографическая карта видимого полушария Луны [12]; Вспышка сверхновой в далекой галактике [13]; Советские ученые — почетные члены Индийского геофизического союза [23]; Новая машина для прогноза погоды [23]; Новый фотоаппарат для глубинной съемки [23]; Спутники служат навигации [23]; Марганцевая «мостовая» на дне Атлантики [23]; Метеоритный кратер в Осетии! [30]; Персеиды тяжелее Геминид [31]; Физические свойства поверхности Марса [31]; Углекислый газ в атмосфере Марса [31]; Фотография десятого спутника Сатурна [32]; «Земля и Вселенная» [53]; Квазар 3С-345 [53]; Новый прорыв побочных кратеров на склоне Ключевского вулкана [59]; «Окаменелый магнетизм» и гипотезы дрейфа континентов и расширения Земли [59]; Запоздалое открытие [77]; Семинар астрофизиков [83]; Итоги первой заочной читательской конференции [94]; Книги 1967 года [95].

На обложке: 1-я стр.— Фотография Ключевского вулкана (октябрь 1966 г.). Фото И. И. Гущенко (к стр. 59).

4-я стр.— Созвездие Геркулеса и интересные объекты в нем (к статье А. Д. Марленского и В. Ф. Заболотного).

Достижения советской астрономии в исследовании переменных звезд



Б. В. КУРАКИН,
профессор,
председатель комиссии по изучению
переменных звезд Астросовета АН СССР

Работы советских исследователей переменных звезд уже давно получили признание мировой научной общественности. В настоящее время Москва — международный центр по систематизации сведений о переменных звездах.

Для понимания природы космических тел необходимо не столько знать их состояние в данный момент времени, сколько определить тенденции их развития. Однако, чтобы подметить тенденции развития звезд, диффузной межзвездной материи, да и планет (в том числе и Земли) требуются промежутки времени, пока не доступные человечеству. Тех коротких интервалов времени, в течение которых человек научился изучать физическую природу космических тел, совершенно недостаточно для обнаружения медленных эволюционных изменений.

Действительно, исследования небесных светил с применением современных методов экспериментальной физики насчитывают приблизительно 50—60 лет. Срок жизни звезд измеряется, вероятно, десятками миллиардов лет. Изучение изотопного состава земной коры, атмосферы Солнца и метеоритов дает основания предполагать, что возраст солнечной системы около 5 млрд. ($5 \cdot 10^9$) лет. Для наглядности приравняем этот интервал к возрасту зрелого человека (50 лет). Какому же промежутку времени в жизни человека соответствует тот интервал (50—60 лет), в течение кото-

рого астрономы используют современные методы экспериментальной физики? Легко подсчитать, что он составит всего лишь... 20 секунд!

Астрономы находятся в таком же положении, в какое попали бы, например, биологи, если бы они ничего не знали о тенденциях развития жизни на Земле, но имели бы в своем распоряжении сотни тысяч фотографий различных уголков земного шара, полученных за 20 секунд. После тщательного и критического анализа этого материала биологи, безусловно, сделали бы правильные выводы о тенденциях развития живых организмов на Земле. Следовательно, при решении вопроса об эволюции космических тел перед астрономами и физиками Космоса стоит чрезвычайно трудная задача: на основе очень короткого промежутка времени наблюдений все же попытаться выявить тенденции развития небесных тел.

Уже намечились два основных направления решения этой проблемы. Первое исходит из познанных законов физики, применяя которые рассчитывают теоретические модели и пути развития космических тел, а затем сравнивают полученные ре-



В. К. Цераский (1849—1925)

зультаты с наблюдениями. Этот метод особенно быстро и широко распространился в последние годы благодаря использованию быстродействующих счетных машин. Однако всегда нужно помнить, что совпадение вычисленных особенностей космических тел с наблюдаемыми — еще не окончательное доказательство справедливости теоретических расчетов. Расчеты опираются на определенную аксиоматику, которая, как мы знаем, меняется с развитием науки.

Поэтому, не менее существенно второе направление — изучение физических особенностей возможно большего числа космических объектов. Сопоставление полученной разнообразной информации открывает широкий простор для логических рассуждений о возможности или невозможности расстановки изучаемых объектов в генетический (исторический) ряд — от молодых образований до старых. Если расположить объекты не удастся, то ставят новые дополнительные наблюдения, в конце концов приводящие к такой возможности. Но наиболее идеальным и продуктивным является синтез первого и второго пути.

Естественно, что в некоторых процессах в природе, помимо медленных эволюционных, встречаются скачкообразные изменения, когда в результате накопившихся противоречий за короткий промежуток времени изменяются характеристики объекта. Быстрые, скачкообразные изменения наблюдаются у некоторых нестационарных звезд, в большинстве своем, — переменных, в частности, у новых и сверхновых звезд.

Вряд ли можно найти в Космосе такие звезды, исследование которых давало бы столько разнообразной информации, сколько несет всестороннее изучение переменных звезд.

Открытие и описание переменных звезд восходит к глубокой древности. Еще до нашей эры древние китайские хроники отмечали появление «звезд-гостей». Теперь известно, что это были звезды, называемые сейчас новыми и сверхновыми. В XVI и XVII веках обнаружили звезды, излучение которых подвержено более коротким, обычно периодическим изменениям. Но лишь на конец XVIII века приходится первые попытки систематических поисков именно таких переменных звезд.

Систематическое изучение переменных звезд началось с середины XIX века. Особую роль в исследованиях переменных звезд сыграла фотография. На некоторых обсерваториях мира в конце XIX века стали систематически фотографировать небо и накопленные снимки использовать для изучения изменения блеска звезд. Пioneрами в этом важном деле были Э. Пиккеринг на Гарвардской обсерватории (США) и русские ученые В. К. Цераский, С. Н. Блажко и Л. П. Цераская в Москве. Однако в условиях царской России оказалось невозможным широко поставить исследования переменных звезд. Лишь благодаря исключительному энтузиазму и самоотверженному труду русским астрономам удалось получить интереснейшие результаты. Так, Л. П. Цераская открыла новые типы переменных звезд. С. Н. Блажко обнаружил особый эффект у короткопериодических цефеид и создал более строгую теорию затменных переменных звезд.

Особенно интенсивное изучение переменных и нестационарных звезд в нашей стране началось после Великой Октябрьской социалистической революции. В ряде городов возникли небольшие коллективы молодых ученых, занимавшихся изучением нестационарных звезд.



Л. П. Цераская (1855—1931)

нарных процессов у звезд (Б. А. Воронцов-Вельяминов и П. П. Паренаго в Москве, В. А. Амбарцумян, Н. А. Козырев, В. П. Цесевич в Ленинграде, А. Д. Дубяго и Д. Я. Мартынов в Казани, автор этих строк в Нижнем Новгороде, Н. Ф. Флоря в Одессе).

Характерно, что именно советские исследователи переменных звезд предприняли первые организационные шаги, способствовавшие расширению взаимной информации и постановке комплексных астрономических исследований в СССР. В 1928 г. начал издаваться журнал «Переменные звезды» — первый в мире журнал, посвященный проблемам переменных звезд. В 1930 г. в Нижнем Новгороде (ныне Горький) состоялось Первое всесоюзное совещание исследователей переменных звезд. Вскоре в Москве при Астрономическом комитете Наркомпроса РСФСР, а затем при Аст-

рономическом совете Академии наук СССР была организована постоянно действующая комиссия по изучению переменных звезд. В дальнейшем начали создавать подобные комиссии по многим другим разделам астрономии.

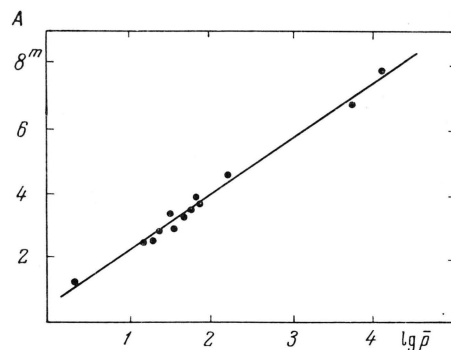
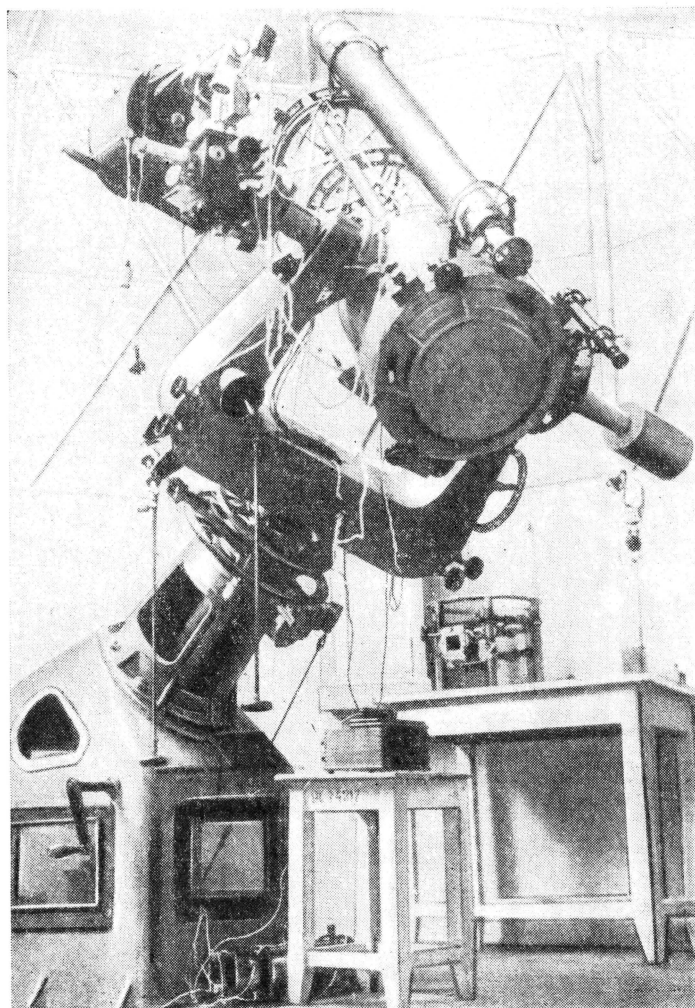
В 20-е годы изучение переменных звезд в нашей стране сводилось, главным образом, к глазомерным оценкам блеска и просмотру накопленных за два — три десятилетия снимков неба. Кроме того, проводились статистические и теоретические исследования.

В 30-е годы советские астрономы освоили электрофотометрию, одновременно продолжая статистические исследования закономерностей переменных звезд. Именно в 30-е годы в нашей стране определялись пути изучения переменных звезд — систематические наблюдения и тщательная обработка накопленной информации.

В середине 30-х годов были организованы массовые фотографические наблюдения на широкоугольных камерах, преимущественно отечественного производства. Такие наблюдения велись в Москве (Н. Ф. Флоря и др.), Симеизе (С. И. Белявский и др.), Душанбе (А. В. Соловьев и др.), под Казанью на обсерватории имени В. П. Энгельгардта (Д. Я. Мартынов и др.). В Абастумани В. Б. Никонов, П. Г. Куликовский и Е. К. Харадзе начали фотоэлектрические наблюдения, которые позволили открыть, например, колеба-

С. Н. Блажко (1870—1956) и А. М. Лозинский (слева) за просмотром пластинок





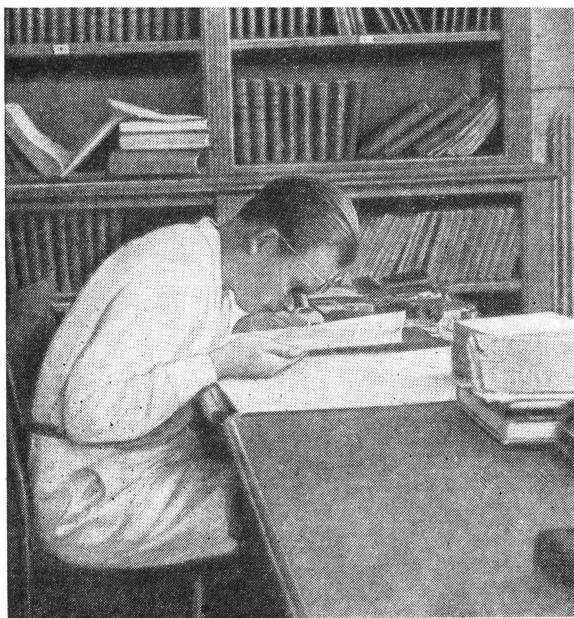
Зависимость амплитуды переменных звезд типа U Близнецов и повторных новых от длины интервала между вспышками (Б. В. Кукаркин и П. П. Паренаго, 1933 г.)

Электрофотометр Гутника, установленный на 13-дюймовом телескопе Абастуманской обсерватории. На этом инструменте начинались первые фотоэлектрические наблюдения переменных звезд в СССР

ния блеска нестационарных звезд типа Р Лебедя. В Симеизе Г. А. Шайн выполнил ряд важных исследований атмосфер переменных звезд типа Миры Кита. На обсерваториях в Москве, Пулкове, Симеизе продолжались работы по обнаружению новых переменных звезд. Накопленные снимки использовались для исследования десятков и сотен переменных звезд. Продолжались и массовые глазомерные оценки блеска переменных звезд.

К середине же 30-х годов относится и развитие статистических исследований. Так, П. П. Паренаго и автор статьи обнаружили ряд закономерностей: зависимости спектра контактных затменных звезд от длины периода, амплитуды переменных звезд типа U Близнецов и повторных новых звезд от дли-

ны интервала между вспышками. Ими же была впервые доказана карликовая природа вспыхивающих звезд. В. А. Крат и Д. Я. Мартынов выполнили ряд исследований затменных переменных и предложили новые способы определения их орбитальных элементов. В эти же годы В. П. Цесевич составил важные таблицы для вычисления орбит затменных переменных. Работа В. А. Амбарцумяна по теории излучения нашла широкое применение в теории оболочек нестационарных звезд. Теория протяженных фотосфер Н. А. Козырева сыграла значительную роль в развитии теории переменных звезд. Таким образом, к началу 40-х годов достижения советских астрономов в области изучения переменных звезд были значительными.



П. П. Паренаго (1906—1960) изучает переменные звезды по пластинкам. Фотография 20-х годов

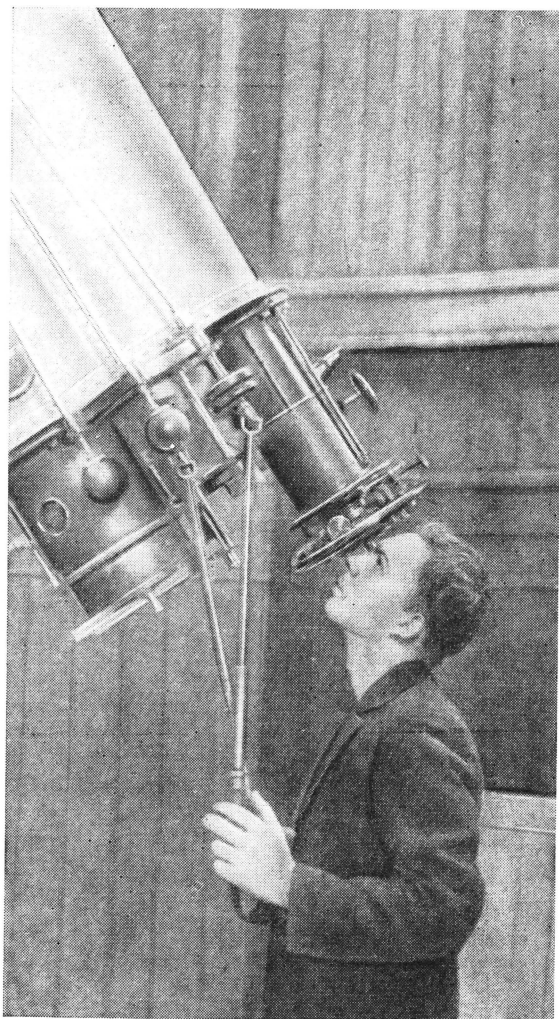
Систематически созывавшиеся всесоюзные совещания исследователей переменных звезд способствовали координации и планомерному развитию научных работ. Возникла идея организации центра по сбору информации о всех переменных звездах. Было решено создать картотеку, отражающую достаточно полно каждое опубликованное или сообщенное письменно исследование переменных звезд. Справочники, издаваемые в Германии, и каталоги переменных звезд перестали удовлетворять возросшие потребности астрономов. Поэтому в 1940 г. Астрономическим институтом имени П. К. Штернберга совместно с Астрономическим советом АН СССР была начата трудоемкая работа по созданию картотеки переменных звезд.

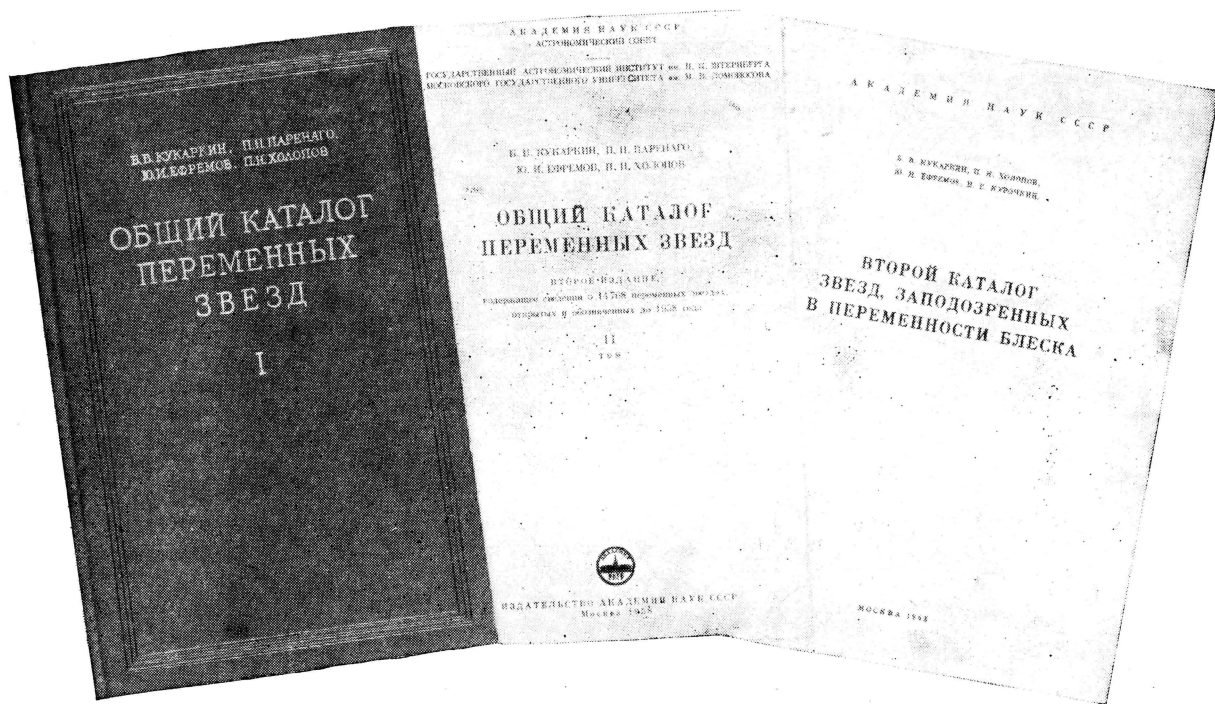
Великая Отечественная война сорвала планы советских ученых. Но, несмотря на все трудности, связанные с уходом на фронт, гибелью некоторых астрономов и разрушением обсерваторий, продолжалось фотографирование неба, выполнялись отдельные исследования, и все накопленные материалы были сохранены.

После окончания войны немецкие астрономы не смогли продолжать работу по со-

ставлению каталогов и анализу информации о переменных звездах. В 1946 г. на первом заседании Исполнительного комитета Международного астрономического союза (в Копенгагене) было принято решение просить Академию наук СССР совместно с Астрономическим институтом имени П. К. Штернберга обеспечить обработку всей информации по переменным звездам. Астрономический совет Академии наук СССР и Астрономический институт имени П. К. Штернберга обязались составлять и систематически публиковать необходимые справочники и пособия.

Н. Ф. Флоря (1912—1941) — талантливый исследователь переменных звезд. Погиб во время войны. Фотография 1939 г.





Каталоги переменных звезд, изданные в Советском Союзе

В 1948 г. советские астрономы выпустили первый каталог-справочник переменных звезд. Содержащиеся в нем сведения почти об 11 000 объектах были несравненно более полными, чем информация в аналогичных справочниках, издававшихся в Германии вплоть до 1943 г. Данные прежних каталогов обычно без критического их пересмотра брались из литературы. В советском же каталоге они не только пересматривались, а в тысячах случаев исправлялись, выводились заново на основе совокупности всего опубликованного, а зачастую и неопубликованного материала. В советском каталоге, в отличие от немецких, приведены библиографические ссылки на наиболее важные работы, посвященные каждой переменной звезде. Основная информация была сосредоточена в одном месте, а не распылена по отдельным таблицам. Эта работа в дальнейшем продолжалась и расширялась. Второе издание каталога-справочника вышло в свет в 1958 г. и включало уже примерно 14 000 объектов с еще более полной информацией. Были добавлены сведения о галактических координатах звезд, дана ссылка на источник, где имелась поисковая карта окрестностей каждой

переменной звезды, что очень облегчило работу по их идентификации. К 50-летию Великой Октябрьской социалистической революции, в основном, завершена подготовка третьего издания, которое содержит данные по 19 000 переменных звезд. Кроме того, в 1951 и 1965 гг. были изданы дополнительные вспомогательные справочники о малоизученных переменных звездах. В эти справочники вошли сведения соответственно о 8000 и 4000 звездах. В создании всех перечисленных каталогов под руководством П. П. Паренато и автора этих строк активное участие принимали П. Н. Холопов, Ю. И. Ефремов, Н. Е. Курочкин, а позднее — Ю. Н. Ефремов, М. С. Фролов и др.

Параллельно этой большой и трудоемкой работе на многих обсерваториях СССР продолжали развиваться наблюдательные и теоретические исследования переменных звезд. Массовые исследования малоизученных звезд по богатым коллекциям снимков неба велись в Душанбе и в Москве и особенно успешно — в Одессе, где В. П. Цесевичем была организована «служба неба». В Крыму на Южной станции Астрономического института имени П. К. Штернберга начались и ус-



А. В. Соловьев (1892—1959) — многолетний исследователь переменных звезд. После войны был директором Института астрофизики АН Таджикской ССР

пешно продолжают исследования переменных звезд в скоплениях и ассоциациях (П. Н. Холопов и др.). В частности, П. Н. Холопов впервые установил присутствие переменных звезд некоторых типов в рассеянных скоплениях. В Пулкове О. А. Мельников продолжал изучение спектров цефеид, а В. А. Крат — затменных переменных.

В 50-е годы, главным образом, благодаря трудам молодых астрономов (А. А. Боярчук, И. М. Копылов и др.) особое развитие получило всестороннее исследование интересных нестационарных звезд.

На Астрономической обсерватории имени В. П. Энгельгардта под руководством Д. Я. Мартынова и при участии многих астрономов была проделана огромная работа по библиографии затменных переменных звезд.

Работы В. Б. Никонова, К. К. Чуваева и др. способствовали успешному развитию в нашей стране фотоэлектрической фотометрии и колориметрии. Многочисленные исследования по точной фотоэлектрической фотометрии переменных звезд выполнили в Аба-

стумани Я. И. Кумсишвили и Н. Л. Магалашвили.

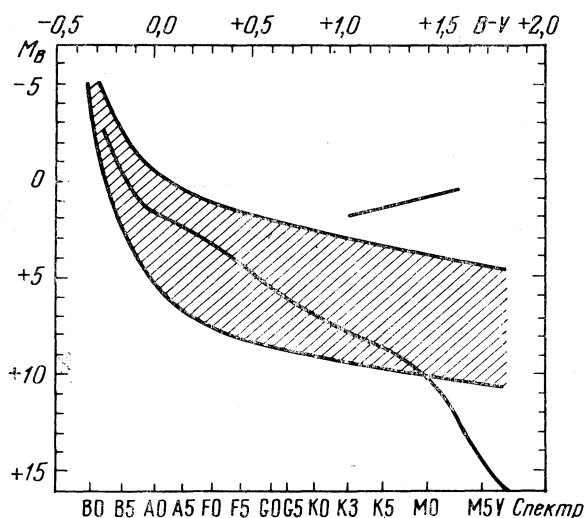
На Южной станции Астрономического института имени П. К. Штернберга в Крыму и на некоторых других обсерваториях были организованы специальные поиски сверхновых звезд. Почти мгновенное выделение ими огромных энергий свидетельствует об очень интенсивных процессах. Спектры некоторых сверхновых звезд до сих пор не объяснены, очевидно потому, что там идут неведомые на Земле физические процессы. Весьма важную и интересную монографию об этих замечательных объектах написал в 1966 г. И. С. Шкловский («Сверхновые звезды». Изд. «Наука», М., 1966 г.).

В 50-е годы появляются работы, посвященные определению возрастов космических тел. Еще в 40-е годы В. А. Амбарцумян предложил статистико-механические методы оценки возрастов звездных ансамблей. Возрасты звездных ассоциаций, определенные им, порядка 10 млн. лет, что составляет ничтожную долю возраста Солнца. В той шкале времени человеческой жизни, о которой говорилось в начале статьи, возраст ассоциаций соответствует приблизительно полугоду или году. Следовательно, звезды, входящие в ассоциации, — звезды младенцы.

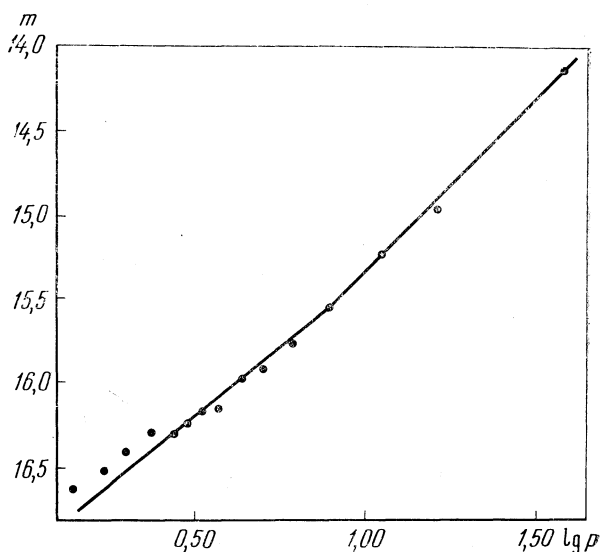
В дальнейшем были найдены другие способы оценки возрастов звезд, основанные на расчете эволюции звездных моделей. Новые оценки хорошо согласуются с результатами, которые дают статистико-механические методы.

Оказалось, что переменные звезды встречаются среди молодых и старых представителей разнообразного населения звездных систем. Например, звезды типа RW Возничего и некоторая часть долгопериодических цефеид наблюдаются в звездных ассоциациях, т. е. заведомо очень молодых образованиях. Звезды же типа RR Лиры — среди самых старых звезд Галактики. Старые и молодые переменные звезды расположены в совершенно различных частях диаграммы Герцшпрунга — Рассела, которая, как известно, имеет не только статистический, но и эволюционный смысл.

В последние годы особое внимание привлекают переменные звезды в наиболее молодых образованиях нашей Галактики, в частности, в звездных ассоциациях. Очень интересны работы, выполненные в Москве П. Н. Холоповым. Обычно эти звезды при-



Т-полоса (заштрихована) на диаграмме Герцшпрунга — Рессела. Здесь располагаются переменные RW Возничего (П. Н. Холопов, 1958 г.)



Зависимость между периодом и светимостью долгопериодических цефеид (Б. В. Кукаркин, 1949 г.)

надлежат к звездам типа RW Возничего, Т Тельца и UV Кита и на диаграмме Герцшпрунга — Рессела занимают широкую полосу, расположенную вдоль главной последовательности, несколько выше и правее. Их можно рассматривать как становящиеся звезды, т. е. находящиеся в стадии формирования из какого-то дозвездного вещества, за которое большинство космогонистов в настоящее время принимает диффузную материю. Автор этой статьи не придерживается такой точки зрения, считая, что происхождение звезд более сложно и связано с другими формами материи. Именно для решения этой проблемы организуются всесторонние исследования становящихся звезд и старых звезд, испытывающих вспышки и другие быстрые изменения.

В нашей стране в последние годы удалось получить интересные данные об этих звездах (Р. Е. Гершберг, К. К. Чуваев, П. Ф. Чугайнов, Э. А. Дибай, Г. В. Зайцева и др.). Были проведены многоцветные фотоэлектрические наблюдения и спектральные исследования; изучались туманности, связанные с этими звездами.

В течение последних 50 лет не угасает интерес астрономов к цефеидам. Действительно, эти переменные звезды обладают рядом чудесных свойств, делающих их изумительным вспомогательным средством для

решения некоторых проблем астрофизики, звездной астрономии, космогонии и космологии. Еще в 1908 г. Г. Ливитт (США) обнаружил удивительную закономерность между длиной периода и светимостью цефеид. В 1912 г. Э. Герцшпрунг, работавший в то время в Германии, впервые указал на значение зависимости «период — светимость», как лучшего способа определения межгалактических расстояний. С тех пор эта зависимость неоднократно исследовалась и ревизовалась (в нашей стране О. А. Мельниковым, П. П. Паренго, автором статьи и др.). В настоящее время установлено, что нет единой для всего Космоса зависимости «период — светимость». У цефеид в различных звездных системах и в различных частях (составляющих) данной звездной системы эта зависимость несколько различается. Известно, например, что цефеиды сферической составляющей нашей Галактики при том же периоде на 1,5 звездной величины слабее цефеид плоской составляющей. Впервые идея о множественности нульпунктов зависимости «период—светимость» была обоснована в СССР в начале 50-х годов.

С 1952 г. С. А. Жевакин разрабатывает теорию изменения блеска цефеид и других пульсирующих звезд (переменных типа Миры Кита и полуправильных переменных). Эта

теория объясняет многие эффекты, интерпретировать которые прежние теории были бессильны. По С. А. Жевакину, внутри звезды имеется слой дважды ионизованного гелия, который, выполняя у пульсирующей звезды такую же функцию, как клапан в дизеле, поддерживает автоколебания звезды*.

Сейчас в СССР проводится интересная работа по изучению цефеид. Нет сомнения, что цефеиды плоской составляющей нашей Галактики и большинство цефеид в Магеллановых Облаках — молодые звезды. Ю. Н. Ефремов, И. М. Копылов, например, рассмотрели возможность эволюции этих цефеид из горячих звезд (спектрального класса В) главной последовательности. Они оценили продолжительность пребывания звезд на стадии цефеид. В. П. Цесевич недавно опубликовал большую монографию о звездах типа RR Лиры («Звезды типа RR Лиры», Киев, 1966 г.), спектры и цвет которых изучил И. Ф. Алания. М. С. Фролов доказал многообразие этого класса звезд, отметив, что среди переменных типа RR Лиры имеются карлики и что их абсолютная величина в разных шаровых скоплениях различна. Н. Е. Курочкин изучил распределение звезд типа RR Лиры в широких окрестностях шаровых звездных скоплений. По его мнению, большая доля звезд этого типа, возможно, вышла из скоплений.

Московские астрономы доказали, что переменные звезды, обнаруженные в последнее время в «старых» рассеянных скоплениях, являются контактными затменными переменными типа W Большой Медведицы. Огромная работа по изучению красных пульсирующих звезд (типа Миры Кита, полуправильных) проведена рижскими астрономами под руководством Я. Я. Икауниекса.

Умелое применение фотоэлектрических методов фотометрии в различных участках спектра в последние годы приносит много важной информации. Известно, что классическая фотометрическая система (международные фотографические и фотовизуальные звездные величины) возникла случайно, только в силу специфической спектральной чувствительности человеческого глаза и не-

сенсibilизированной фотопластинки. Фотовизуальная система попала в «удачную» область спектра, а фотографическая занимала тот его участок, на который приходится бальмеровский скачок, т. е. коротковолновый конец серии линии водорода, называемой Бальмеровской. У некоторых звезд здесь наблюдается скачкообразное изменение видимого распределения энергии в спектре, искажающее обычное распределение. Поскольку величина бальмеровского скачка чувствительна и к температуре и к изобилию водорода, она может оказаться различной при одинаковой температуре и исказить «фотографическую» величину звезды. Именно поэтому международная фотографическая система звездных величин неоднозначна.

В связи с этим и появились наиболее распространенные сейчас системы трехцветной фотометрии U, B, V и R, G, U. Но, как показало дальнейшее исследование, создание этих систем (в первую очередь U, B, V) все же в значительной степени предопределялось традициями. Учитывая недостатки этих широкополосных фотометрических систем, Б. Стрёмгрен (США) предложил свою узкополосную систему фотометрии. Эта система должна обеспечить обширную и достаточно точную информацию об основных характеристиках звезд (температура, светимость, химический состав). Однако полосы пропускания в системе Стрёмгрена были так узки, что применять ее оказалось возможным только к сравнительно ярким звездам. И вот в начале 60-х годов вильнюсский астроном В. Л. Страйжис, зная строение звездных атмосфер, распределение энергии в спектрах реальных звезд, свойства межзвездной поглощающей среды, попытался рассчитать такие оптимально широкие участки спектра звезд, в которых фотометрия давала бы наиболее точную информацию об основных физических характеристиках звезд и межзвездной среды. Сейчас теоретическая часть этой работы завершена и уже проведены первые наблюдения. Можно надеяться, что в самое ближайшее время система Страйжиса будет применяться при фотоэлектрических наблюдениях переменных звезд.

Среди многочисленных конструкций электрофотометров следует отметить предложенный Н. А. Димовым и построенный Г. С. Царевским и Н. И. Гусевой двухканальный спектрофотометр. Этот прибор поз-

* См. Р. Киппенхан, А. Вайгерт. Почему пульсируют звезды типа дельта Цефея? «Земля и Вселенная», № 1, 1966.

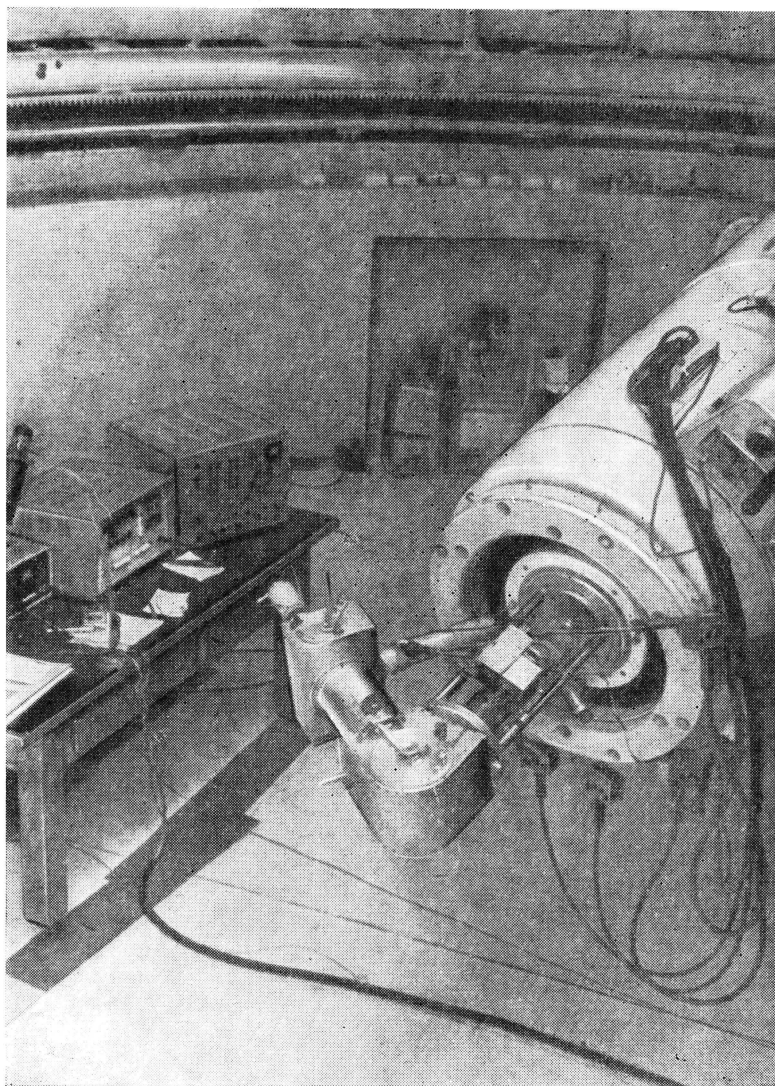
воляет одновременно исследовать излучение звезды в двух выбранных по желанию наблюдателя участках спектра, ширина которых также определяется наблюдателем.

В последние годы по инициативе Н. М. Шаховского развиваются поляриметрические исследования переменных звезд, опережающие аналогичные исследования в США.

В начале 60-х годов американские астрофизики обнаружили объекты совершенно необычной природы. Это — квазары, звездообразные источники излучения в оптическом и радиодиапазоне. Была установлена внегалактическая природа этих объектов. Оказалось, что излучение их по силе превосходит интегральное излучение гигантских галактик! Изучение блеска квазаров привело в 1963 г. к открытию одновременно в СССР и США их переменности. Пока еще трудно говорить о теоретическом и практическом значении этого открытия.

После второй мировой войны очень большое развитие получила радиоастрономия. Наблюдения некоторых переменных звезд на радиотелескопах показали, что явления нестационарности характерны для излучения не только в оптическом, но и в радиодиапазоне. В СССР широко организованы оптические наблюдения вспыхивающих звезд, а радионаблюдения их проводит обсерватория в Джодрелл Бэнк (Англия). Были обнаружены радиовсплески вспыхивающих звезд типа UV Кита, одновременные с вспышками в оптических лучах. Характер радиовсплесков оказался несколько отличным от характера вспышек.

Открытия последних лет ставят такие



Двухканальный спектрофотометр, сконструированный Г. С. Царевским и Н. И. Гусевой и установленный на 70-сантиметровом телескопе

трудные и интересные задачи, которые потребуют напряжения сил и большой инициативы со стороны астрономов, работающих в области изучения переменных звезд. В нашей стране созданы все условия для плодотворной деятельности ученых, и нет сомнения, что эти задачи будут успешно решены. Подходя к 50-летию Великой Октябрьской социалистической революции, советские исследователи переменных звезд вправе гордиться достигнутыми успехами.



НОВАЯ ФОТОГРАФИЧЕСКАЯ КАРТА ВИДИМОГО ПОЛУШАРИЯ ЛУНЫ

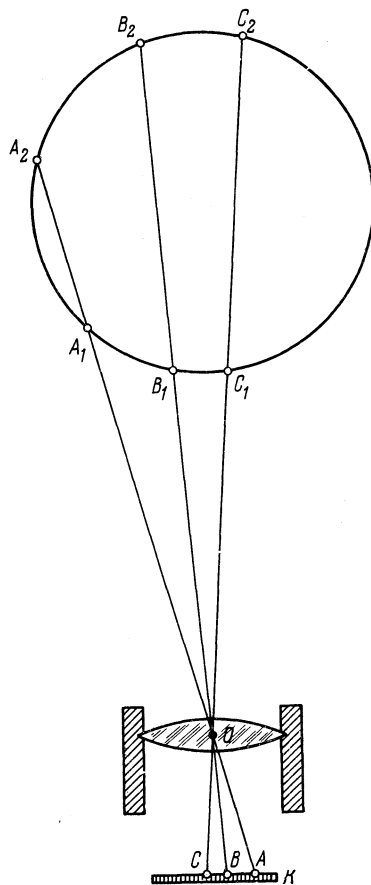
Сотрудники Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга и Топогеодезической службы СССР на основе современного фотографического материала создали под руководством доктора физико-математических наук Ю. Н. Липского фотокарту видимого полушария Луны (см. фото на 3-й странице обложки). Выбранный масштаб оригинального изображения (1 : 5 000 000) полностью соответствует разрешению, достигаемому в настоящее время при наземных фотографических наблюдениях Луны. Как показали недавние исследования, проведенные в Манчестерском университете (Англия), наиболее крупные инструменты различных обсерваторий мира, которыми фотографировали Луну, обеспечивают разрешение кратеров с диаметром от 5 до 0,7 км в зависимости от состояния земной атмосферы.

Вид одного и того же образования на лунной поверхности зависит от фазы Луны. Все видимое полушарие доступно наблюдениям только в полнолуние, но как раз тогда хуже всего видны отдельные детали. Поэтому при составлении фотокарты применяли мозаичную методику. В единое изображение монтировали снимки или части снимков, сделанные при различных фазах Луны. Этим обеспечивалась одинаковая четкость изображения по всему видимому диску.

Геометрическая строгость монтажа достигалась использованием опорных точек, селенографические координаты которых определены в единой системе. Опорные точки для фотокарты видимого полушария брались из «Сводного каталога пространственных координат 160 базисных точек», созданного в 1965 г. сотрудниками Главной астрономической обсерватории АН УССР в Голосееве И. В. Гавриловым, А. Ф. Думой, В. С. Тифлюком и А. Н. Курьяновой. Этот каталог включает, наряду с измерениями украинских астрономов, обработанные данные австрийского астронома Г. Шрутти-Рехтенштамма (1958 г.) и амери-

канского исследователя Луны Р. Болдуина (1963 г.). Точность «Сводного каталога» оказалась высокой: ошибки широт и долгот точек лунной поверхности не превосходят нескольких минут.

Весьма важно, что фотографии лунного шара можно считать определенной картографической



При фотографировании на картинную плоскость K (фотопластинку) проектируются точки лунной поверхности A_1, B_1, C_1 , а не точки A_2, B_2, C_2 и т. д., как это делается в классической математической картографии. Картографическое изображение, построенное подобным образом, называется **позитивным**

проекцией. Это означает, что взаимное расположение объектов на снимке подчиняется известному математическому закону. Следовательно, можно рассчитать и построить сетку селенографических параллелей и меридианов, которая будет соответствовать изображению Луны. Такой картографической проекцией является внешняя перспективная. За центр перспективной проекции принимался центр оптической системы телескопа O (см. рисунок). Поскольку при фотографировании этот центр, естественно, располагается за пределами проектируемого шара, проекция носит название внешней.

С учетом либраций Луны, в результате которых лунный шар по отношению к земному наблюдателю как бы покачивается в направлении север — юг (либрация по широте) и восток — запад (либрация по долготе), в любой момент наблюдений селенографические координаты центра проекции не будут иметь нулевые значения. Поэтому в общем случае проекция оказывается «косой». В частности, экватор изображается не в виде прямой, совпадающей с диаметром лунного диска, а некоторой кривой. Значения либраций выбирались так, чтобы на фотокarte видимого полушария Луны максимально отобразилась восточная краевая зона, которая служила основой для привязки фотографий западного сектора обратной стороны Луны, полученных станцией «Луна-3». Ориентация стран света на фотокarte, согласно решению XI Генеральной ассамблеи Международного астрономического союза (Беркли, 1961 г.) аналогична земной. Номенклатура лунных образований, т. е. система названий, связанная с классификацией лунных образований по типам (моря, заливы, кратеры и т. д.), соответствует решениям V, XI и XII Генеральных ассамблей МАС.

Очень сложным оказался перевод лунных названий на русский язык и русское написание собственных имен. В астрономической литературе можно встретить до пяти различных написаний названия одного и того же лунного объекта. Наименования для фотокарты видимого полушария были даны по правилам звуковой транскрипции. При этом учитывались изменения написания имен в предстоящем издании Большой Советской Энциклопедии.

дии, где также вводятся элементы звуковой транскрипции. Исключение составляли некоторые широко распространенные в науке имена, связанные с эффектом, правилом, законом и т. д. Особые трудности возникли при выборе правильного написания арабских имен. Целесообразным был признан путь, при котором наименование объекта однозначно отождествлялось с исторической личностью. Например: латинское *Almanon* (Альманон) давалось как Аль-Мамун*, *Albategnius* (Альбатегний) как Аль-Баттани** и т. д.

Новая карта Луны выпущена издательством «Наука» в 1967 г. и уже поступила в продажу. Размер листа карты 104×80 см. Карта однотонная, коричневатого оттенка. В нижней части листа карты приведены некото-

рые справочные данные о Луне и этапах ее изучения космическими аппаратами, а также рассказывается о методике составления карты. Цена карты — 40 коп.

Фотографическая карта Луны будет, несомненно, полезна специалистам в области селенографии и постоянно пополняющемуся отряду любителей астрономии.

В. В. ШЕВЧЕНКО
К. Б. ШИНГАРЕВА

ВСПЫШКА СВЕРХНОВОЙ В ДАЛЕКОЙ ГАЛАКТИКЕ

Изредка в галактиках наблюдаются звезды, светимость которых в течение 1—2 дней возрастает в сотни миллионов раз по сравнению с солнечной светимостью. Это сверхновые звезды. Блеск таких звезд может превосходить суммарный блеск звездной системы, в которой они находятся.

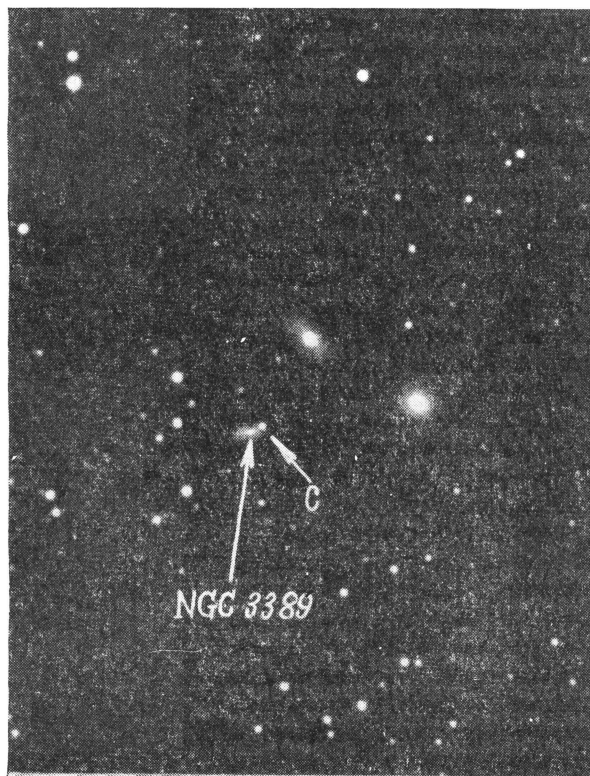
Вспышки сверхновых звезд — очень редкое явление: каждые 360 лет, в среднем, в галактике вспыхивает одна сверхновая. Известны три замечательные

вспышки сверхновых в нашей Галактике (1054 г. — в созвездии Тельца; 1572 г. — в созвездии Кассиопеи; 1604 г. — в созвездии Змееносца). В других галактиках обнаружено около 170 сверхновых звезд.

28 февраля 1967 г. на Абастуманской астрофизической обсерватории автором была открыта сверхновая звезда в галактике NGC 3389, расположенной в созвездии Льва. В этот день светимость сверхновой равнялась интегральной светимости галактики NGC 3389. По известному красному смещению этой галактики (она удаляется от нас со скоростью 1202 км/сек) удалось вычислить расстояние до нее. Оно составляет 40 млн. световых лет. Определив абсолютную звездную величину сверхновой, автор установил, что в момент открытия звезда была более чем в два миллиарда раз ярче Солнца.

Чтобы сверхновую звезду могли наблюдать на других обсерваториях мира, об ее открытии сообщили в Бюро астрономических сообщений.

А. Д. ЧУАДЗЕ



Фотографии участка неба с галактикой NGC 3389 в созвездии Льва (север —верху). Фотографии получены на 44-сантиметровом телескопе системы Шмидта Абастуманской астрофизической обсерватории. Слева — участок неба до вспышки сверхновой звезды. Справа — снимок, сделанный 28 февраля 1967 г. В галактике NGC 3389 видна сверхновая звезда (С)

ПОГОДА ЗАВТРА

С. П. ХРОМОВ,
профессор



Служба погоды существует уже 100 лет. За последние полвека, и особенно в наше время, достигнуты крупные успехи в ее организации и технике. Однако прогнозы погоды и теперь еще не всегда надежны. От чего это зависит? Возможны ли вообще точные прогнозы? Что дают электронные машины для прогноза погоды?

ЗАЧИНАТЕЛИ

Немногим больше 100 лет назад во Франции и Англии были даны первые прогнозы погоды с научной и государственной ответственностью. К тому времени стало ясно, что без создания национальной или интернациональной организации для сбора нужной информации задача прогнозов погоды вообще неразрешима. Атмосфера единая. В ней действуют не только временные, но и сложные пространственные связи. Погоду определяют, прежде всего, атмосферные процессы большого пространственного масштаба, **макропроцессы**. Именно их исследование может сделать анализ настоящего и прошлого состояния атмосферы основой для прогноза.

Следовательно, для решения задачи прогноза погоды необходима **служба погоды**, т. е. система, включающая в себя: наблюдения, охватывающие возможно большую территорию, желательно весь земной шар; связь для самого быстрого сообщения сведений с наблюдательных станций в центры, перерабатывающие информацию; переработку информации, т. е.



Урбен Леверье (1811—1877)



Роберт Фицрой (1805—1865)

анализ наблюдений и вытекающий из него прогноз; распространение прогнозов среди потребителей.

Теперь, во второй половине XX века, мы располагаем такой системой, базирующейся на современном техническом прогрессе, и все же ее теперешнее состояние нас не удовлетворяет. Нельзя поэтому не удивляться смелости знаменитых основоположников службы погоды — директора Парижской астрономической обсерватории У. Леверье и главы Метеорологического департамента Британского адмиралтейства контр-адмирала Р. Фицроя*, которые в середине 50-х годов прошлого века, каждый в своей стране, решились взяться за организацию службы погоды. Электрический телеграф уже существовал; это и позволило приступить к делу. В 1855 г. Леверье удалось наладить в Париже ежесуточное получение телеграмм с результатами наблюдений 13 французских метеорологических станций,

* В молодости Фицрой был командиром корабля «Бигль», на котором совершил свое историческое кругосветное путешествие Чарлз Дарвин.

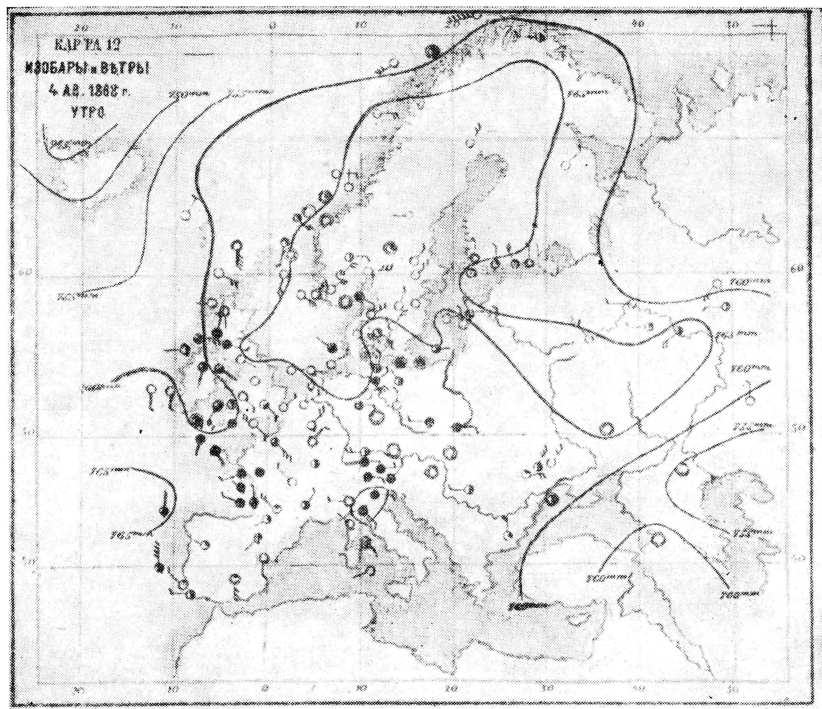
а затем и составление по этому материалу **синоптических карт** погоды. К 1865 г. в Париж приходили телеграммы с 50 станций из самой Франции и некоторых других стран Европы. Примерно такой же информацией располагал и Фицрой.

В наши дни эфир круглые сутки переполнен цифрами метеорологических сводки и факсимильными передачами, детально освещающими состояние атмосферы на многих тысячах станций по всему миру, в том числе и высокие слои атмосферы. Существует и множество специальных линий прямой проводной связи. Поэтому смелая попытка Леверье и Фицроя давать прогнозы погоды сто лет назад может показаться сейчас едва ли не авантюрой. Так и смотрели на нее некоторые крупные ученые того времени. Ведь трудности заключались не только в скудности сети наблюдений, не только в ограниченных возможностях техники связи в середине прошлого века. Еще острее стоял вопрос: как давать прогнозы погоды на этом ничтожном материале наблюдений; где методы для этого?

И, однако, не прошло двух десятилетий, как инициатива Леверье и Фицроя была подхвачена во всех цивилизованных странах тогдашнего мира, включая Россию (с 1872 г.). Жизнь подтвердила правоту этих смелых пионеров.

ЗАДАЧИ И ВОЗМОЖНОСТИ

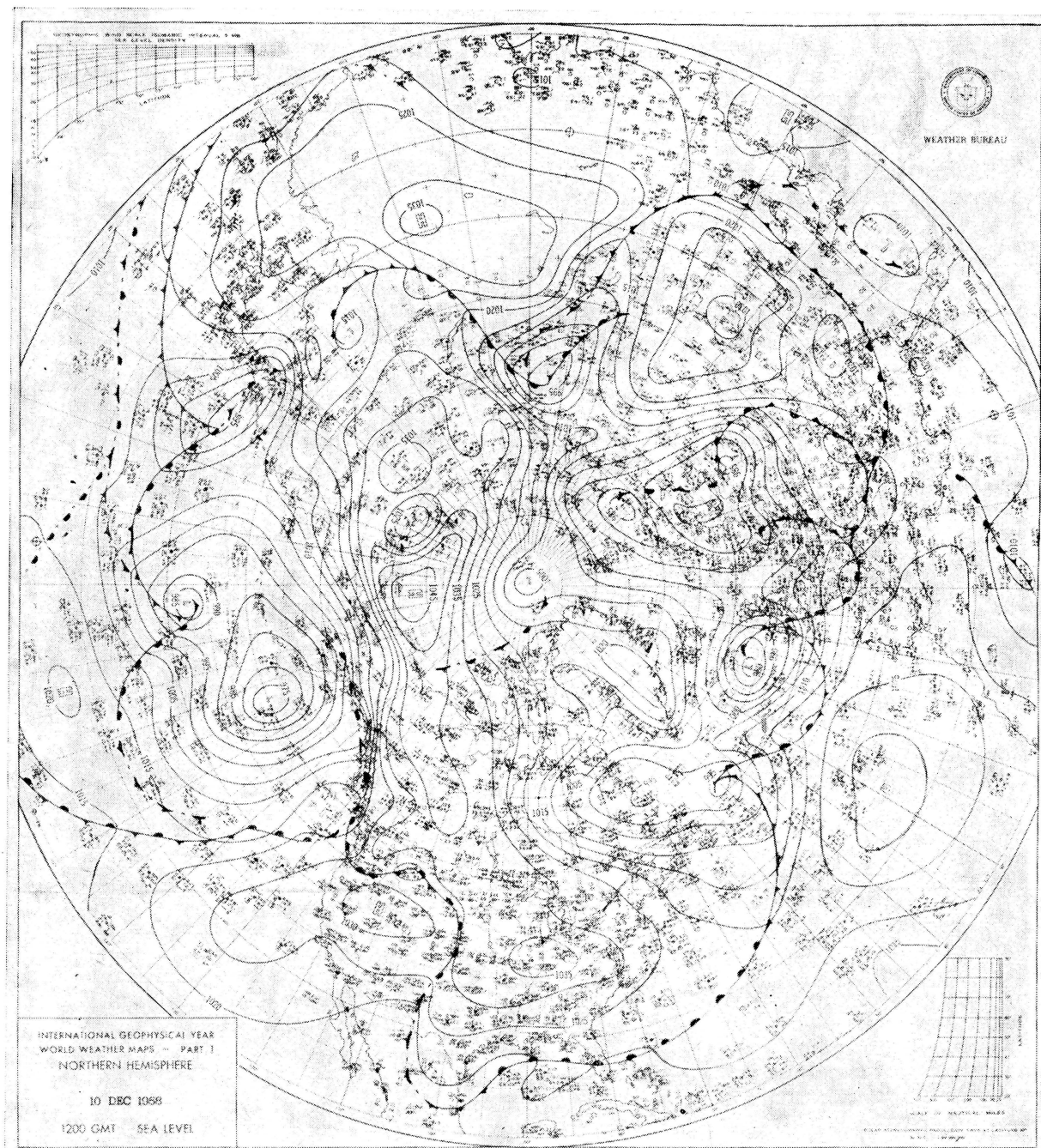
Еще М. В. Ломоносов в 1753 г. считал задачу прогноза погоды принципиально разрешимой и притом — в



Синоптическая карта 100 лет назад

близком будущем. Он понимал, что для этого нужна «истинная теория о движении жидких тел около земного шара, то есть воды и воздуха». Мы сказали бы сейчас короче: «нужна атмосферная гидродинамика». Что касается воды — в этом также выразилась прозорливость Ломоносова: и в наше время считают, что учет океанических процессов в их взаимодействии с атмосферными необходим, по крайней мере, для долгосрочных прогнозов (которых мы в этой статье не касаемся: это особая большая тема). Ломоносов, однако, слишком оптимистически оценивал близость создания такой теории и мало представлял себе технические условия ее приложения.

Только в первой половине следующего столетия, т. е. ко времени Леверье и Фицроя, были выведены гидродинамические уравнения Навье—Стокса, характеризующие наиболее общим образом движение вязкой жидкости. Г. Гельмгольц в те же 50-е годы XIX века обсуждал возможность их применения для создания теории атмосферной циркуляции. Но обстоятельное исследование возможностей применения уравнений гидродинамики для различных классов атмосферных движений было еще впереди, а условия для их прогностического использования создались лишь столетием позже, в наше время, когда появились быстродействующие вычислительные



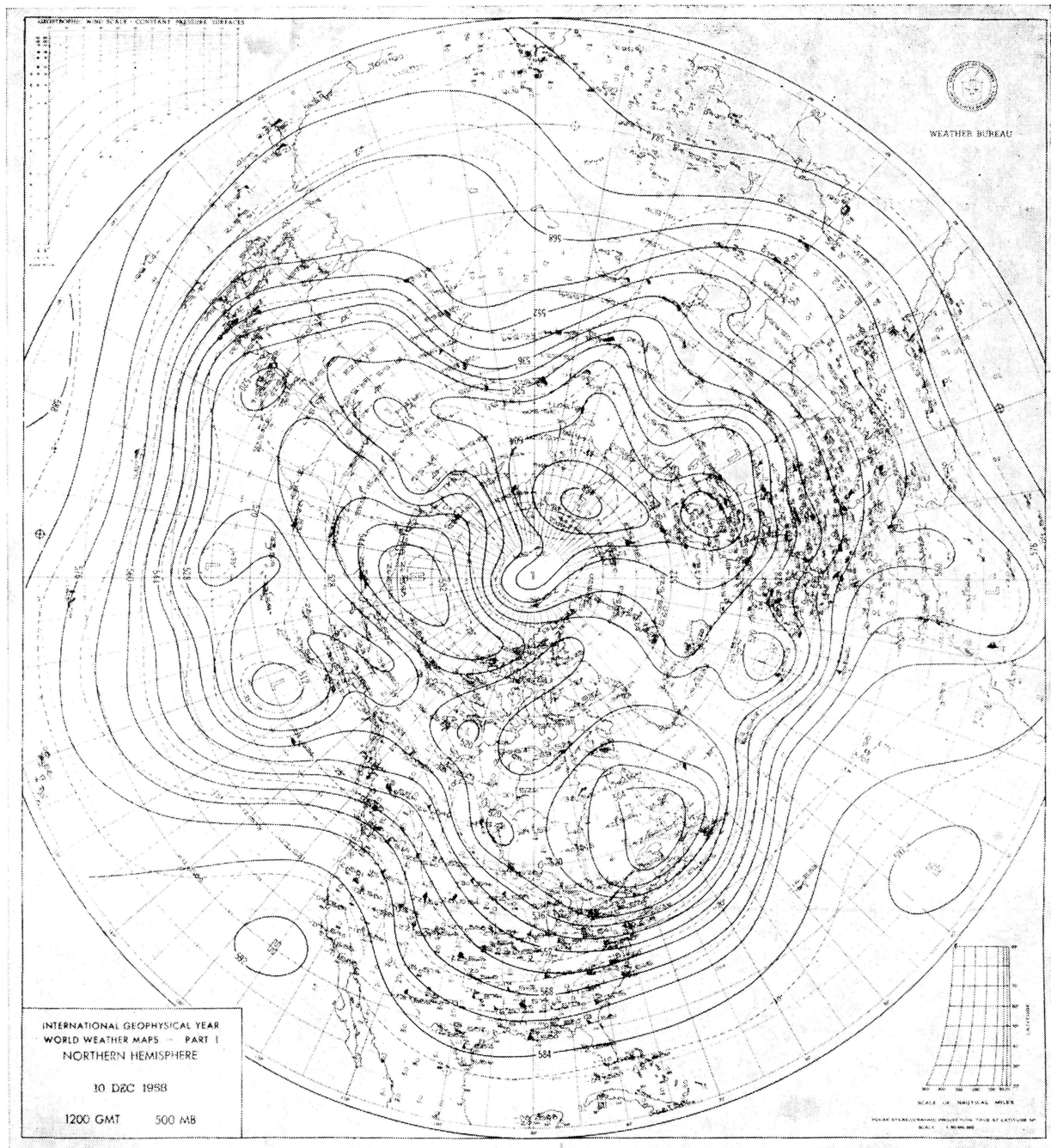
Современная синоптическая карта для уровня моря

машины. Лаврerie и Фицрой такими средствами не обладали. С оптимизмом и энтузиазмом первооткрывателей они вышли в трудный бой почти невооруженными. С «академической» точки зрения было бы спокойнее

подождать еще лет сто*.

* Лондонское Королевское общество встретило первые публичные прогнозы Фицроя недоброжелательно. Недоверие научных кругов, нарекания и насмешки в печати сократили жизнь этого темпераментного человека: в 1865 г. он покончил с собой.

И все-таки зачинатели синоптического метода победили: даже скудная информация, без серьезного теоретического осмысливания, позволила выявить важные характеристики погодообразующих атмосферных процессов и



Современная синоптическая карта для изобарической поверхности 500 мбар (высота над уровнем моря около 5 км)

получить ряд эмпирических связей прогностического значения.

Самым существенным было то, что обнаружилось легко различимое даже на примитивных синоптических кар-

тах того времени расчленение барического поля (распределения в пространстве атмосферного давления) на **индивидуальные образования**, атмосферные вихри крупного масштаба — **цикло-**

ны и **антициклоны**. Благодаря их непосредственной связи с режимом ветра и более сложной связи с другими особенностями погоды, циклоны и антициклоны стали главными объектами изуче-

ния вновь возникшей **синоптической метеорологии**. Оказалось возможным эмпирическое исследование их поведения: подобно биологическим объектам эти атмосферные возмущения возникают, развиваются, перемещаются, воздействуют друг на друга, «стареют» и заканчивают свое недолговечное, исчисляемое днями, существование. Уже в нашем веке были открыты и другие макромасштабные образования — **воздушные массы, фронты**, а позднее **струйные течения, длинные волны**. В анализе их поведения и взаимодействия большее значение приобрела теория.

Все эти атмосферные объекты немногочисленны и, несмотря на разнообразие их движения и эволюции, подчиняются общим закономерностям и поддаются **экстраполяции во времени**, т. е. прогнозу их будущего состояния. Конечно, это удастся в разной степени, с ограниченной вероятностью, притом тем лучше, чем короче срок прогноза. Экстраполяция, естественно, не может также предусмотреть **новообразований** в атмосфере.

Прогноз погоды с самого начала был **стохастическим**, т. е. определял наиболее вероятный, по мнению синоптика, но не единственно возможный будущий ход процессов. Прогнозированное и действительное развитие погоды не тождественны; между ними есть только более или менее тесная корреляционная связь.

Довольно долго это казалось результатом лишь несовершенства методики. В самом деле, было ясно, что не всегда можно извлечь из синоптических карт данные,

нужные для правильного прогноза дальнейшего поведения атмосферных возмущений. Ведь синоптикам приходилось, по наблюдениям на редкой сети станций, не зная даже вертикальной структуры атмосферных вихрей, проследить недостаточно объясненное теоретически их поведение. Тем более не было уверенности, что выводы из экстраполяции не будут испорчены появлением на сцене нового возмущения, возникшего в исследуемом районе или пришедшего с территории, не освещенной имеющимися сведениями. Связи между будущим состоянием атмосферных возмущений и будущей погодой также носят стохастический, вероятностный характер. И все же удовлетворительные, полезные для практики (в первое время особенно для мореплавания) прогнозы на 1—2 суток вперед стали возможными; оправдываемость этих прогнозов с самого начала значительно превышала случайные совпадения. Способность синоптика учитывать накопленный опыт — его «интуиция» или искусство — играли при этом немалую роль.

Теперь мы ясно представляем себе, что стохастичность прогнозов зависит не только от методики, но отражает стохастическую природу самих атмосферных процессов. «Абсолютно» точный и всегда точный прогноз остается неосуществимым и в наше время, когда многократно возросла техническая вооруженность синоптиков и более объективной стала методика, включающая теперь решение уравнений гидродинамики.

Кстати сказать, оценка оправдываемости прогнозов путем определения их статистической вероятности условна. Не все прогнозы можно разделить на оправдавшиеся и неоправдавшиеся: чаще приходится иметь дело с прогнозами, **частично** оправдавшимися. К тому же степень сходства между прогнозами и действительностью зависит от формулировок прогнозов, т. е. от степени их детализации. Прогноз, сформулированный в более общей и расплывчатой форме, лучше подойдет к действительным условиям, чем прогноз детализированный, который и сравнивать нужно с более сложным комплексом действительных условий. Ведь именно в деталях могут скорее получиться расхождения. С другой стороны, прогноз тем ценнее, чем более он детализирован.

В пределах своих формулировок современные краткосрочные прогнозы погоды на 80—85% отвечают действительности. Но в остальных 15—20% прогнозов мы не застрахованы от самых неприятных неудач.

Синоптики никогда не скрывали, что их прогнозы не достоверны, а имеют лишь меняющуюся степень вероятности — высокую при сравнительно простом течении явлений, низкую — в трудных, переломных ситуациях. Но широкие круги населения не интересуются, сложна или проста задача прогноза. Они считали и считают, что научный прогноз должен быть точным прогнозом именно потому, что он научный; это — своеобразное выражение веры общества в науку. Поэтому отношение «публики» к прогнозам всегда ко-

лебалось между двумя полюсами: от полного и необоснованного доверия до полного скептицизма, еще менее обоснованного и всегда находившего свое выражение в юмористических журналах и обывательских анекдотах. Временами доверие росло (независимо от качества прогнозов). Оно сильно выросло в последние годы, когда печать широко возвестила, что теперь «машины предсказывают погоду». Уж электронная машина, конечно, предсказывает погоду правильно! Нужно разочаровать доверчивого читателя: расчеты, осуществляемые на электронных машинах, повышают, пока еще только на несколько процентов, оправ-

дываемость прогнозов, но не делают их достоверными и вряд ли когда-нибудь сделают. К этому вопросу мы еще вернемся.

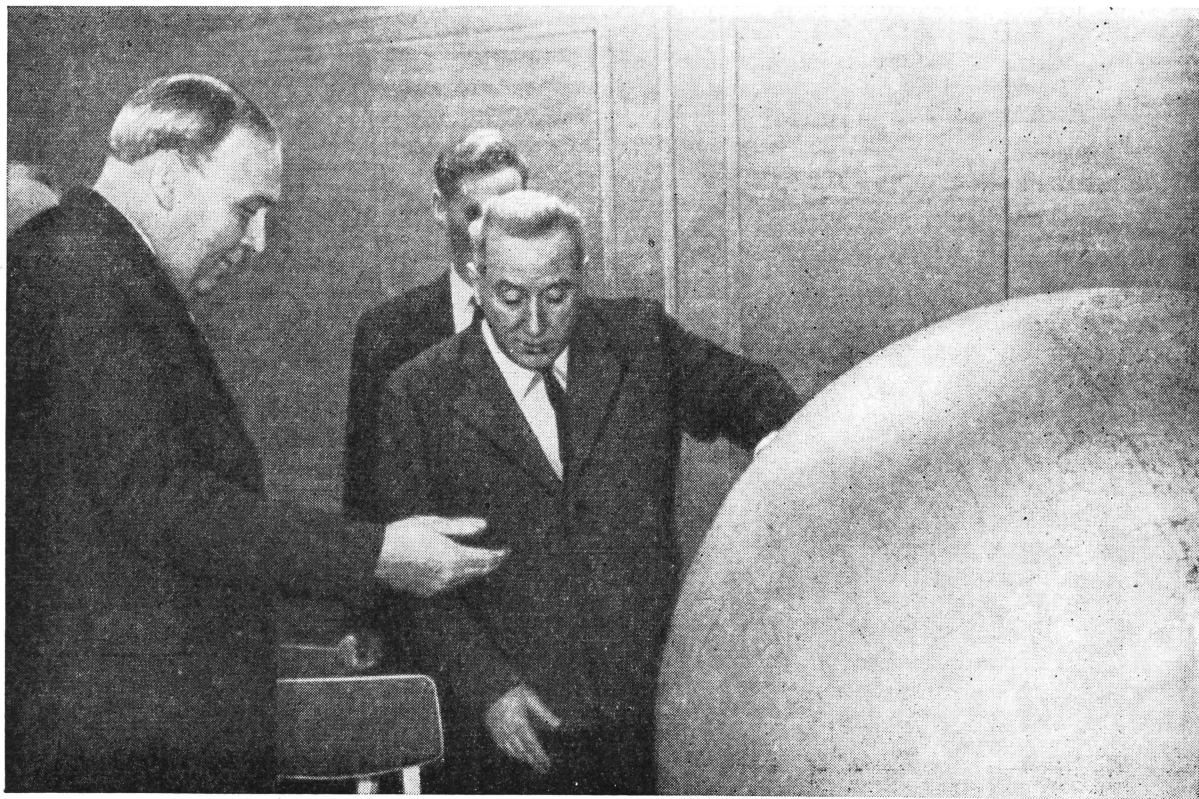
НА СЛУЖБЕ У ЦИВИЛИЗАЦИИ

Независимо от преувеличенных ожиданий и поспешных разочарований служба погоды в течение последнего столетия незаметно делала важное дело: она действительно была **службой**, четко организованной в национальном и международном масштабе. Важнейшая функция успешно работающей **Всемирной метеорологической организации (ВМО)** при Ор-

ганизации Объединенных Наций, объединяющей 130 стран — международная кооперация в службе погоды. Современную цивилизацию нельзя представить себе без службы погоды. Прежде всего, без нее нельзя представить воздушный транспорт. Но и другие виды транспорта, а также сельское хозяйство, промышленное строительство, эксплуатация энергетических систем, спорт не могут обойтись без этой службы.

Правительства видели эффективность службы погоды лучше, чем широкие круги населения. В настоящее время во всем мире насчитывается уже много тысяч синоптических станций (около 3000

Генеральный секретарь Всемирной метеорологической организации доктор Д. Дэвис (слева) и директор Гидрометцентра СССР профессор В. А. Бугаев



только в нашей стране); сведения о погоде приходят и из глубин Арктики и Антарктики, с открытого океана, из верхних слоев атмосферы, со спутников. Существуют крупнейшие центры, перерабатывающие и передающие в эфир и по проводам огромное количество таких сведений. Каждый аэропорт гражданской авиации располагает своей ячейкой службы погоды с определенной сферой обслуживания. Бюджеты больших национальных служб погоды исчисляются десятками миллионов рублей или долларов. Эти затраты безусловно окупаются. Так, например, в США ежегодно убытки от атмосферных явлений составляют, по последним сведениям, 11 млрд. долларов. Без службы погоды эта сумма была бы намного выше; а уже небольшое новое повышение качества и удлинение срока прогнозов может снизить ее по крайней мере на 1 млрд.

Но и сейчас достаточно густая сеть синоптических станций охватывает всего одну пятую земной поверхности. Во многих странах, особенно в развивающихся, служба погоды еще слаба, а это отражается на мировой службе погоды. Еще немногим странам доступны такие новые средства наблюдения, как метеорологические спутники; такие новые средства анализа и прогноза, как быстродействующие вычислительные машины, дороги, и их использование должно быть максимально экономичным. Ряд задач по сбору и передаче информации, например с торговых судов в океане, вообще не может быть удовлетворительно решен только национальными средствами.

Поэтому в организации службы погоды в наши дни наступает новый этап. Нужно не просто согласование усилий отдельных стран, но более тесное их сотрудничество, в котором роли и усилия были бы разумно распределены в соответствии с возможностями. Нужна общепланетарная, наиболее рационально поставленная система службы погоды: организации наблюдений, в особенности с помощью спутников, радиозондов, транс-океанских зондов; сбора и распространения результатов наблюдений по определенным районам; их централизованной обработки; наконец, нужно сотрудничество в постановке научных исследований, необходимых для развития методики прогнозов.

В 1964 г. Организация Объединенных Наций приняла резолюцию о необходимости создания такой **Всемирной службы погоды**. Сейчас Всемирная метеорологическая организация работает над проектом этой службы. Уже существуют три ее главных **мировых центра**: в Москве, Вашингтоне и Мельбурне; намечена организация 25 региональных центров. На службу погоды Советского Союза, таким образом, ложится повышенная ответственность за судьбы службы погоды всего мира.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ВООРУЖЕНИЕ

На протяжении первых 50 лет существования службы погоды ее технический прогресс был очень медленным. Положение резко изменилось с 20-х годов нашего века.

В систему метеорологической информации вошла и получила преобладающее значение **радиосвязь**. Во всех странах существует система сбора сведений о погоде и распространения их по радио. Она особенно сложна у нас при огромных размерах страны. После войны расширилась **прямая проводная связь** (с помощью телетайпов) внутри национальных служб погоды и между ними, в том числе между Москвой и Вашингтоном. С 50-х годов важное значение приобрела **факсимильная связь** по радио и проводам. Синоптические карты можно теперь составлять и анализировать в неслыханном прежде количестве (причем также и для верхних слоев атмосферы) в немногих хорошо поставленных центрах и передавать их для всей системы службы погоды в национальном и международном масштабе. Понятна связанная с этим централизованным анализом экономия сил и средств при улучшении результатов. Очень полезным оказался и международный обмен прогнозированными картами.

Радиосвязь позволила получать информацию с открытого моря, из полярных областей, из малонаселенных горных и таяющих районов. В 30-х годах наша страна впервые успешно организовала сеть станций и радиопередач в **Арктике**, по трассе Северного морского пути. Метеорологическое освоение арктической Америки началось лишь после войны. Нам принадлежала также инициатива в устройстве **дрейфующих станций** на льдах Арктики со времени первой и знаменитой экспедиции во главе с И. Д. Па-

паниным в 1937—1938 гг. С середины 50-х годов Советский Союз и другие страны начали создавать сеть метеорологических станций и радиопередач в **Антарктике**; возникло и центральное бюро погоды для Антарктики, сначала на антарктической станции США Литтл-Америка, а потом в Мельбурне. В последние годы усилилась работа по конструированию и установке автоматических радиопередающих метеостанций в малонаселенных районах, на арктических льдах, в океане.

Уже с 30-х годов важную информацию метеорологи получают с **кораблей погоды**, плавающих в Северной Атлантике. После войны Советский Союз вывел для регулярной работы в Тихом океане исследовательские суда «Воейков» и «Шокальский». В этот же период служба погоды распространилась и на **тропические районы**, интереснейшие в метеорологическом отношении.

Мировая сеть станций и система связи выросли настолько, что уже в 30-е годы появилась возможность составления синоптических карт и исследования макропроцессов в масштабе **всего северного полушария**. Начиная с Международного геофизического года (1957—1958), стали составлять карты погоды и для всего земного шара. Это делается также и в Москве.

В 1930 г. в СССР (в Павловской аэрологической обсерватории под Ленинградом) поднялся первый **радиозонд** системы П. А. Молчанова. Это было началом второй (после использования радиосвязи) технической револю-



Павел Александрович Молчанов (1893—1941)

ции в службе погоды. Существовавшие до этого методы подъема самопишущих приборов в высокие слои атмосферы быстро отошли в прошлое, не выдержав конкуренции с радиозондированием. Запуск радиозондов производится быстро и обходится дешево. Закодированные результаты наблюдений передаются по радио уже во время полета шара. Поэтому появилась возможность регулярно составлять синоптические карты до больших высот (30—40 км) в свободной атмосфере. Наша страна уже в 30-х годах занимала первое место в мире по сети радиозондирования; США перешли на новый метод с существенным запозданием. Теперь у нас более 200 станций с регулярным (два раза в сутки) радиозондированием. Во всем мире таких станций около 1000.

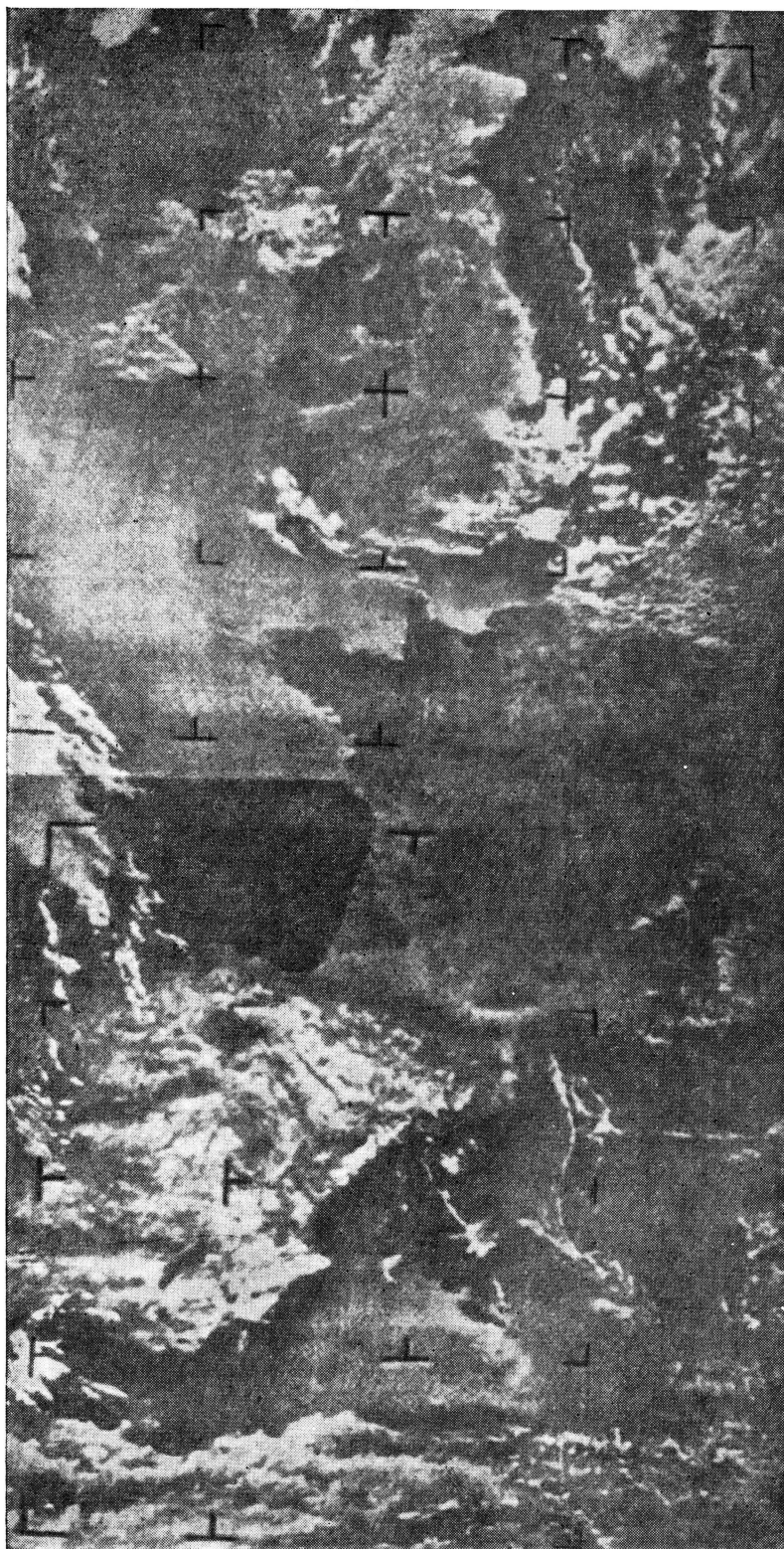
После второй мировой войны получили распространение запуски больших ускоренных шаров из поли-

этилена со значительным грузом приборов. Эти трансокеанские зонды, или **трансозонды**, совершают многодневный полет на заданной высоте (точнее, изобарической поверхности). Радиоинформация с трансозондов дает сведения о ветрах и состоянии атмосферы над акваториями океанов, в особенности в тропиках, где регулярная сеть радиозондирования редка.

После войны служба погоды использовала еще одно новое достижение техники — **радиолокацию**. Экран радара раздвигает горизонт наблюдателя; радиолокатор прослеживает перемещение зон осадков, грозовых очагов, тропических ураганов. Для исследования тропических ураганов применяется и самолетная разведка*.

В наши дни возникли новые возможности получения метеорологической информации со спутников. **Метеорологические спутники** позволяют фотографировать облачный покров Земли с большой высоты и передавать изображения по радио. Это дает возможность составить представление о распределении облачности над всей поверхностью земного шара, а отсюда — получать сведения и о воздушных течениях и атмосферных вихрях. На спутниках можно также измерять излучение, идущее снизу (от земной поверхности и от облаков), и, основываясь на этом, делать выводы о распределении температуры в нижних слоях ат-

* См. С. П. Хромов. Тропические ураганы. «Земля и Вселенная», № 2, 1966 г.; а также П.-А. Молен. Рассказ охотника за тайфунами. «Земля и Вселенная», № 6, 1966 г. и № 1, 1967 г.



Облачность над Западной Европой. Снимок с американского метеорологического спутника «Нимбус-1»

мосферы. В дальнейшем программа наблюдений с метеорологических спутников, конечно, будет расширяться.

Следует отметить успехи США в регулярном запуске метеорологических спутников с 1959 г. Данные их наблюдений используются и интерпретируются также и у нас. В 1966 г. был запущен советский метеорологический спутник «Космос-122», а в феврале 1967 г. — второй, «Космос-144».

Служба погоды СССР — крупнейшая в мире. Особенно быстро она развивается с 1930 г., когда в Москве было открыто Бюро погоды СССР, позднее названное Центральным институтом прогнозов, а недавно — **Гидрометеорологическим центром СССР**. За успехи в гидрометеорологическом обеспечении народного хозяйства страны и развитии научных исследований в области гидрометеорологических прогнозов Гидрометеорологический научно-исследовательский центр СССР в январе 1967 г. был награжден орденом Ленина. Он является и одним из трех упоминавшихся выше мировых центров нарождающейся Всемирной службы погоды. Создана большая сеть бюро погоды в республиканских и областных центрах, а также на морях; множество ячеек службы погоды возникло при аэропортах гражданской авиации. Удалось организовать широкую подготовку необходимых кадров. Служба погоды с честью выдержала тяжелое испытание в годы войны, обеспечивая в труднейших условиях ограниченной информации действия авиации и других родов войск.

(Окончание в следующем номере)



СОВЕТСКИЕ УЧЕНЫЕ — ПОЧЕТНЫЕ ЧЛЕНЫ ИНДИЙСКОГО ГЕОФИЗИЧЕСКОГО СОЮЗА

Исполнительный комитет Индийского геофизического союза избрал инициатора международного проекта Верхняя мантия члена-корреспондента АН СССР председателя Советского геофизического комитета при Президиуме АН СССР В. В. Белоусова и председателя Комитета по изучению краевых зон материков и островных дуг Международного комитета по Верхней мантии доктора физико-математических наук И. П. Косминскую почетными членами Индийского геофизического союза.

Индийский геофизический союз создан в 1963 г. Первым его председателем был известный индийский геофизик профессор К. Р. Раманатан. Союз объединяет всех геофизиков Индии, представляет их интересы в международных научных организациях, проводит научные симпозиумы, публикует геофизические издания. Почетные члены Союза — видные иностранные ученые Г. Джеффрис (Англия), М. Юинг (США), К. Вадати (Япония), Э. Буллард (Англия), Дж. П. Вуллард (США), К. Буллен (Австралия).

В. И. СИЛКИН

НОВАЯ МАШИНА ДЛЯ ПРОГНОЗА ПОГОДЫ

Новая электронная вычислительная машина «СДС-6600», установленная в Национальном метеорологическом центре США (Сьютленд, штат Мэриленд), позволяет прогнозировать погоду на основе семиуровневой модели атмосферы (ранее для этого приходилось пользоваться трехуровневой моделью, менее точно отражающей реальные свойства атмосферы).

Прогноз делается для следующих уровней: 0 (уровень моря), 1000, 4000, 7000, 12 000, 14 000 и 18 000 м. Особое внимание привлекает прогноз для уровня 12 000 м, близкого к тропопаузе. Это — область распространения турбулентности при безоблачном небе. Новая модель создана с учетом тепловых потоков в атмосфере, связанных с солнечной радиацией, в том числе и отраженной поверхностью океана, что не учитывалось прежде.

Вычисление прогноза занимает около 70 минут; его заблаговременность — 36 часов. Прогноз выдается машиной примерно через 5,5 часа после момента наблюдений. Он охватывает все северное полушарие Земли. Местные прогнозы делаются на основе этого крупномасштабного прогноза погоды.

«Science News», 90, 1966, 14.

СПУТНИКИ СЛУЖАТ НАВИГАЦИИ

На борту американского океанографического судна «Вима» установлено новое навигационное оборудование. Оно позволяет определять местонахождение корабля при помощи спутников, используя доплеровское смещение их радиосигнала. Директор Ламонтской геологической обсерватории М. Юинг заявил, что ставшая теперь возможной высокая точность навигационных наблюдений откроет новую эру в океанографии, морской геофизике и морских гравиметрических измерениях.

«Science News», 90, 1966, 287.

НОВЫЙ ФОТОАППАРАТ ДЛЯ ГЛУБИННОЙ СЪЕМКИ

Новый тип фотоаппарата для глубинной съемки создан коллективом сотрудников Скрипсов-

ского океанографического института (Калифорния). Фотоаппарат сбрасывается за борт судна без всяких крепящих приспособлений. Через заданное время, которое может составлять несколько суток, он автоматически поднимается на поверхность вместе с отснятой на глубине пленкой. Снимки морского дна можно получить с большой выдержкой. Камера может быть снабжена прищелочкой для морских животных и рыб. Уже получено большое количество пробных снимков в тихоокеанских водах с глубин 1500—4000 м.

«Science News», 90, 1966, 209.

МАРГАНЦЕВАЯ «МОСТОВАЯ» НА ДНЕ АТЛАНТИКИ

Во время океанологических исследований, проводившихся американской подводной лодкой «Алюминат» в Атлантике — у берегов Флориды, Джорджии и Южной Каролины, — обнаружен район, изобилующий марганцевыми рудами, возможно, в форме конкреций. Относительно плоская подводная терраса, покрытая «мостовой» из окиси марганца, находится на глубине около 1000 м и простирается на 150 миль в длину и 100 миль в ширину.

Образец окиси марганца, считающийся крупнейшим в мире, — его вес около 100 кг — был поднят на поверхность с помощью механических «рук», которыми снабжена эта подводная лодка.

Геологи считают, что эти марганцевые скопления могут быть использованы в промышленных целях.

«Science News», 90, 1966, 127.

Астрономическая единица длины*

А. А. МИХАЙЛОВ,
академик

ПРОХОЖДЕНИЯ ВЕНЕРЫ

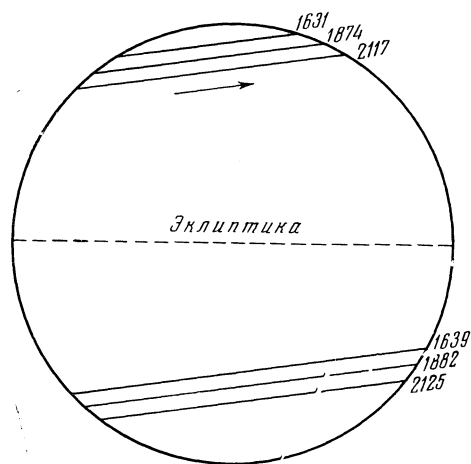
Венера может приближаться к Земле до 0,27 А, ее параллакс в это время возрастает до 33". Это происходит во время нижних соединений Венеры с Солнцем, когда, вообще говоря, Венера не видна, за исключением причудливо чередующихся (см. таблицу) редких случаев **прохождения** планеты по диску Солнца:

Дата	Месяц	Год
7	декабря	1631
4	декабря	1639
6	июня	1761
3	июня	1769
9	декабря	1874
6	декабря	1882
8	июня	2004
5	июня	2012

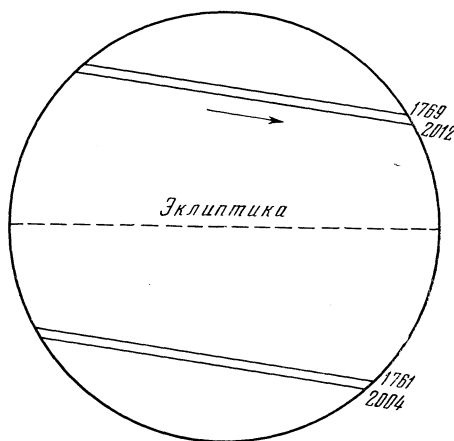
Во время этих прохождений Венера в виде черного кружка диаметром около 60" медленно, на протяжении 4—6 часов, проползает по диску Солнца, описывая хорду. При наблюдении из разных точек Земли хорда смещается на разность параллаксов Венеры и Солнца, которая может достигать 24". Вместе с тем меняется и длина хорды, а следовательно, и продолжительность прохождения на величину до 25 минут. Английский астроном Галлей, наблюдавший в 1677 г. на острове Святой Елены прохождение Меркурия по диску Солнца, высказал мысль, что перспективное смещение планеты относительно Солнца при наблюде-

нии из двух или более мест, измеряемое разностью в продолжительности прохождения, позволяет определить разность параллаксов планеты и Солнца. А так как отношение этих параллаксов хорошо известно из третьего закона Кеплера, то можно найти и параллакс Солнца. Однако Меркурий мало пригоден для этой цели: разность параллаксов при его прохождениях по диску Солнца слишком мала (4" и 7").

Прохождения Венеры гораздо более благоприятны, но ближайшего прохождения пришлось ждать почти целое столетие, до 1761 г. Наконец, время прохождения приблизилось. Вспомнили о предложении Галлея. Фран-



0 1 2 3 4 5 6 час.
Декабрьские прохождения Венеры Масштаб времени



0 1 2 3 4 5 6 час.
Июньские прохождения Венеры

Прохождения Венеры по диску Солнца

* Окончание. Начало см. «Земля и Вселенная», № 2, 1967 г., стр. 39.

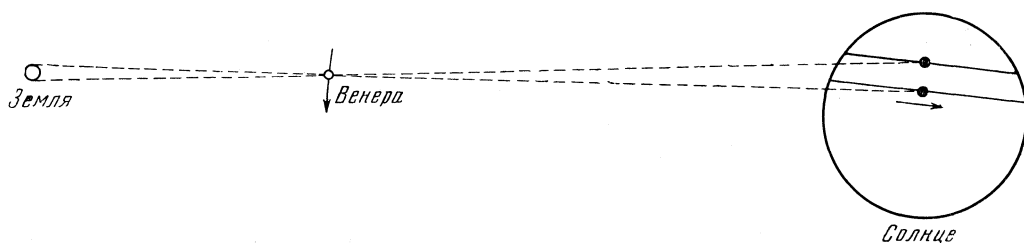
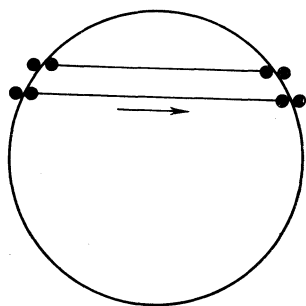


Схема определения солнечного параллакса из наблюдения прохождения Венеры по диску Солнца



Параллактическое смещение Венеры при прохождении по диску Солнца. На каждой хорде отмечены четыре контакта

цузская академия наук снарядила экспедиции в Индию, на остров Родригес в Индийском океане и в город Тобольск, англичане поехали на остров Святой Елены и на Суматру, Российская академия направила С. Румовского в Селенгинск — Забайкалье. Наблюдения проводили также шведские и датские ученые и многие астрономические обсерватории. Любопытна судьба французской экспедиции в Индию под руководством астронома Лежантиля. Англо-французская война задержала экспедицию, и она прибыла на место уже после прохождения Венеры по диску Солнца. Лежантиль ре-

шил остаться в Индии до следующего прохождения в 1769 г., занимаясь различными астрономическими наблюдениями. Наступил долгожданный день — 3 июня 1769 г., но погода была облачной и наблюдения не состоялись.

Ученые рассчитывали, что удастся с точностью до 1—2 секунд наблюдать моменты входа и выхода Венеры на диск Солнца. Однако предположения не сбылись из-за неожиданного явления, названного «черной каплей». Когда при вступлении на солнечный диск черный кружок планеты должен был оторваться от края Солнца, он вдруг оказался соединенным с краем темной перемычкой. Перемычка оборвалась лишь спустя некоторое время, после заметного удаления Венеры от края диска. Это явление, вызванное дифракцией света, осложняется преломлением солнечных лучей в атмосфере Венеры, которое было открыто М. В. Ломоносовым во время прохождения 1761 г.

В результате не удалось определить солнечный параллакс с ожидавшейся точностью. Полученные значения колебались от $8'',5$ до $10'',5$. Несмотря на неудачу, приготовления к наблюдению прохождения 1769 г. были еще

обширнее. Кроме экспедиций европейских научных учреждений в наблюдениях приняли участие и американские ученые. Результаты наблюдений прохождений 1761 и 1769 гг. впоследствии обработал немецкий астроном Энке, который нашел величину солнечного параллакса равной $8'',5778$. Крупнейший американский специалист Ньюкомб не без сарказма заметил, что, может быть, в этом числе последняя цифра и верна, это неизвестно, но первый знак после запятой безусловно ошибочен. Этим он осудил прежнюю практику оставлять при вычислениях много лишних знаков, которые не имеют никакого реального смысла.

Во времени прохождения Венеры 1874 и 1882 гг. в астрометрической практике уже стали применять фотографию. Опять были посланы многочисленные экспедиции в разные, иногда очень удаленные места, но фотографический метод не вполне себя оправдал. Из совокупности визуальных наблюдений значение солнечного параллакса получилось $8'',79$, а фотографические наблюдения дали $8'',86$. Теперь мы знаем, что первое число гораздо ближе к действительности.

НАБЛЮДЕНИЯ МАЛЫХ ПЛАНЕТ

Приходится констатировать, что наблюдения четырех прохождений Венеры, на которые было потрачено очень много труда и средств, не оправдали возложенных на них надежд. Еще в XVII в. удалось определить параллакс Солнца из наблюдений Марса. Двести лет спустя, в 1877 г. такие наблюдения были повторены английским астрономом Гиллом на острове Вознесения с более совершенной техникой. Полученный результат ($8'',78$) близок к современному. В 1924 г. подобные наблюдения, выполненные фотографическим методом, дали величину солнечного параллакса $8'',809$.

К счастью, имеется ряд других способов определения A . Прежде всего, отметим наблюдения с этой целью малых планет. Звездообразный вид малых планет позволяет наблюдать их с высокой точностью визуальным и, особенно, фотографическим методами. В прошлом столетии были известны несколько удобных для нахождения солнечного параллакса малых планет (Виктория, Ирис и Сафо), из наблюдений которых в 1888 и 1889 гг. получили среднее значение параллакса $8'',803$.

Заметим, что для определения параллакса планеты не нужно проводить одно-временные или корреспондирующие наблюдения из двух удаленных друг от друга пунктов. Можно ограничиться наблюдениями только в одном пункте, используя перенос его по параллели суточным вращением Земли. При вечерних наблюдениях планета видна к востоку от

меридиана данного места, а при утренних — к западу. В промежутках между наблюдениями пункт переносится вращением Земли на расстояние, зависящее от протекшего времени и от радиуса параллели. Это расстояние наибольшее на экваторе. Конечно, планета не остается неподвижной за это время, но ее движение по орбите легко учитывается и исключается из наблюдаемого смещения.

В 1898 г. Витт на Берлинской общедоступной обсерватории «Уrania» открыл малую планету № 433, названную Эросом. Эта планета вследствие большого эксцентриситета орбиты, а также малости большой полуоси временами приближается к Земле до расстояния $0,15 A$ (ее параллакс в этот момент достигает почти $60''$). В 1900—1901 гг. Эрос приблизился к Земле до $0,32 A$ и был уже достаточно удобен для определения солнечного параллакса. Фотографические наблюдения, выполненные на ряде обсерваторий и обработанные Хинксом в Англии, дали величину солнечного параллакса $8'',807 \pm \pm 0'',003$. Забегая вперед, отметим, что в 1930 г. наилучшим значением солнечного параллакса в среднем из всех определений считалось $8'',803 \pm 0'',001$, т. е. $A = 149\,448\,000 \pm 17\,000$ км. Состоявшаяся в 1896 г. в Париже Международная конференция по выработке системы астрономических постоянных, к числу которых относится и солнечный параллакс, приняла для него круглое значение $8'',80$, которое и применялось для всех астрономических вычислений до самого послед-

него времени. Считалось, что эта величина очень близка к действительности и лишь, возможно, немного занижена.

Но вот в 1930—1931 гг. произошло особенно близкое противостояние Эроса, когда он находился на расстоянии $0,17 A$ от Земли, а параллакс его достигал $50''$. В фотографических наблюдениях планеты участвовали 24 обсерватории мира, включая и Пулковскую. В общей сложности получили 2847 фотопластинок с изображениями планеты и окружающих звезд, по отношению к которым измерялось положение Эроса. Тщательная обработка огромного материала продолжалась почти 10 лет под руководством директора Гринвичской обсерватории Спенсера Джонса. Результат получился неожиданный: солнечный параллакс оказался равным $8'',790 \pm 0'',001$, что превосходило принятое раньше значение A на 170 000 км. Заподозрить ошибку было невозможно. Расхождение осталось необъясненным.

Позднее были найдены другие малые планеты, которые еще ближе могут подходить к Земле. Однако их не наблюдали с целью определения солнечного параллакса, да и в дальнейшем вряд ли будут наблюдать, так как найдены другие, более точные способы.

ФИЗИКА ПОДТВЕРЖДАЕТ ГЕОМЕТРИЮ

Идея физического метода определения A достаточно проста и сводится к нахождению орбитальной скорости Земли. Если эта скорость (v , км/сек) найдена из на-

блюдений, то, умножая ее на число секунд S в сидерическом годе, получим длину круговой орбиты в километрах, а затем и величину A :

$$A = \frac{vS}{2\pi}$$

Для реальной эллиптической орбиты в формулу нужно ввести небольшую поправку, учитывающую эксцентриситет.

Определить орбитальную скорость Земли можно двумя способами: по наблюдению **абберационного смещения звезд** или по **лучевым скоростям звезд**.

Абберация света происходит в светоприемниках (телескопе, астрографе или глазе), движущихся вместе с Землей вокруг Солнца. Угол максимального абберационного отклонения k , которое возникает, когда движение светоприемника, а следовательно, и Земли, перпендикулярно к направлению света, определяется отношением

$$k = \frac{v}{c},$$

или в секундах дуги

$$k'' = \frac{v}{c \sin 1''}.$$

Для эллиптической орбиты Земли в этой формуле необходимо учесть еще небольшую поправку, введя в знаменатель множитель $\sqrt{1 - e^2}$, где e — эксцентриситет земной орбиты. Тогда, зная скорость света $c = 299\,792 \text{ км/сек}$ и определив k из наблюдений звезд, найдем орбитальную скорость Земли v , близкую к 30 км/сек .

Небольшое преобразование формул приводит к следующему простому соотношению между солнечным параллаксом и постоянной абберации,

выраженными в секундах дуги

$$p_{\odot} k = 180,24.$$

Формула позволяет найти параллакс $p_{\odot}$, если известна постоянная абберации k . Последняя близка к $20''$. Это более чем в два раза превышает значение солнечного параллакса. Значит, во столько же раз уменьшается ошибка при нахождении параллакса по этой формуле. Приведем значение k , полученное в 1842—1880 гг. на Пулковской обсерватории как среднее из 10 определений (использовались наблюдения звезд разными инструментами и методами):

$$k = 20'',493 \pm 0'',007,$$

это соответствует

$$p_{\odot} = 8'',793 \pm 0'',003.$$

Опишем теперь другой, спектроскопический метод нахождения орбитальной скорости Земли из наблюдений лучевых скоростей звезд. Лучевая скорость звезды определяется по смещению линий в ее спектре из-за эффекта Доплера. Представим себе звезду, расположенную близ эклиптики. Если определить ее лучевую скорость дважды — когда движение Земли направлено прямо к звезде и через полгода, когда Земля движется от звезды, разность полученных лучевых скоростей будет $2v$. Конечно, нужно быть уверенным, что лучевая скорость звезды относительно Солнца осталась неизменной. Учитывая большое число спектральных двойных звезд и некоторую вероятность, что лучевая скорость исследуемой звезды изменяется, не ограничиваются наблюдением лишь одной звез-

ды, а берут несколько звезд, отбрасывая те, которые дают сильно отличающийся результат. Достаточно большое число звезд нужно и для повышения точности вывода v .

До сих пор определения таким способом орбитальной скорости Земли, а по ней и значения A , были довольно близки к результату, полученному геометрическим методом. Однако по точности спектроскопический метод не может конкурировать с методом определения v , основанным на наблюдении абберационного смещения звезд, из-за недостаточной уверенности в нахождении лучевых скоростей звезд.

ДИНАМИКА ПОДТВЕРЖДАЕТ ГЕОМЕТРИЮ

Переходим к **динамическим методам**. Пожалуй, наиболее простой из них, по крайней мере по идее, заключается в следующем. В известном приближении можно считать, что центр массы системы Земля—Луна движется вокруг Солнца по эллиптической орбите, большая полуось которой — A и период обращения равны сидерическому году. Это движение совершается под влиянием взаимного притяжения к Солнцу и может быть представлено уравнением, которое, в сущности, есть не что иное, как третий закон Кеплера. Трудность решения этого уравнения в том, что для определения длины A в единицах CGS нужно знать постоянную тяготения в той же системе единиц. Поскольку в этой системе постоянная тяготения

ния известна в лучшем случае лишь до 0,1%, точность получения астрономической единицы снижается. Но уравнение можно преобразовать так, чтобы постоянная тяготения оказалась помноженной на массу Земли. Это произведение с большой точностью находится путем измерения ускорения силы тяжести на поверхности Земли. Получаются довольно сложные уравнения, решение которых с наиболее достоверными значениями соответствующих величин дало для параллакса Солнца $8'',794$.

Другой динамический метод определения солнечного параллакса состоит в использовании параллактического неравенства в движении Луны. Теория метода очень сложна, и мы ее здесь не излагаем. Ограничимся замечанием, что Солнце своим притяжением немного замедляет движение Луны вокруг Земли в промежутке между новолунием и полнолунием, и настолько же ускоряет его во вторую половину лунного месяца. Амплитуда этого неравенства пропорциональна солнечному параллаксу и составляет около $125''$ с периодом, равным синодическому месяцу. Позиционные наблюдения Луны, в частности наблюдения лунных покрытий звезд, позволяют определить амплитуду этого параллактического неравенства, а по ней найти и значение параллакса Солнца. К сожалению, фазы Луны меняются тоже с периодом синодического месяца. Поэтому в течение первой половины месяца Луна движется по звездному небу вперед темным краем, а во вторую половину — светлым. Это вносит в наблюдения не-

которую систематическую, трудно учитываемую погрешность. Голландский астроном-теоретик де Ситтер получил таким способом $p_{\odot} = 8'',803$.

Так обстояло дело с определением фундаментальной астрономической константы — солнечного параллакса примерно десять лет назад. Результат был достигнут ценой затраты огромного труда и материальных средств на протяжении почти трех столетий! Снаряжались десятки экспедиций, в наблюдениях участвовало большинство обсерваторий различных стран. Многие наблюдатели, теоретики и вычислители потратили годы напряженной работы для вывода единственного числа — величины солнечного параллакса. Отрадно, что разнообразные и принципиально различные методы давали близкие между собой результаты, хотя и расходящиеся значительно, чем ожидалось на основании учета возможных источников ошибок.

Если до наблюдений Эроса в 1930—1931 гг. наиболее вероятное значение солнечного параллакса считалось равным $8'',803 \pm 0'',001$, то результат наблюдений Эроса $8'',790 \pm 0'',001$ показал, что дело далеко не так благополучно, как думали раньше. Некоторые безоговорочно приняли это новое определение, игнорируя старые, другие, наоборот, полагали, что старые определения по разнообразию методов и хорошему согласию результатов заслуживают предпочтения.

НОВАЯ ТЕХНИКА — РАДАР

В 1959 г. для определения величины астрономической

единицы начали применять совершенно новый, наиболее непосредственный метод. На помощь пришла радарная техника. Основа метода очень проста: в направлении к планете (первоначально к Венере) посылаются генератором, помещенным в фокусе большой параболической антенны, короткие импульсы радиоволн. Скорость распространения радиоволн принимается равной скорости света в вакууме ($299\,792,5 \pm 0,4$ км/сек). Радиосигналы отражаются от поверхности планеты и регистрируются чувствительной аппаратурой приемной антенны. В действительности техника эксперимента сложнее, но дело сводится к определению времени, которое требуется для прохождения радиосигнала с Земли до планеты и обратно.

Остается некоторая неуверенность, поскольку неизвестно, какая часть поверхности планеты отражает первый заметный сигнал. Считается, что эхо приходит от ближайшей к Земле части планеты, причем ошибка даже в несколько сотен километров окажется ничтожной по сравнению со всем измеряемым расстоянием. Получив радарным методом расстояние до планеты и зная из ее эфемериды отношение расстояний планеты от Земли и Солнца, можно определить величину A . Точность радарных измерений настолько высока, что погрешности эфемериды, ранее считавшиеся пренебрежимо малыми, теперь уже становятся весьма ощутимыми. Поэтому усилия теоретиков сейчас направлены на повышение точности определения эфемерид.

Прежде чем привести результаты радарных определений A , поясним другой, принципиально отличный способ, который служит хорошим контролем радарного. Как и в радарном методе, к планете посылается радиосигнал строго определенной длины волны (или частоты). Если расстояние планеты от Земли изменяется (это особенно заметно вблизи элонгаций Венеры и Меркурия), то длина волны отраженного сигнала в результате эффекта Доплера также изменяется. Это изменение длины волны фиксируется радиотехнической аппаратурой с огромной точностью и дает лучевую скорость планеты в километрах в секунду. Из эфемериды планеты получается эта же скорость в астрономических единицах в секунду. Отношение скоростей дает величину астрономической единицы в километрах. Этот способ может лишь слегка зависеть от осевого вращения планеты. Отрадно отметить, что оба способа при наблюдениях Венеры приве-

Автор	Страна	Год	Значение A , км	Метод
Котельников	СССР	1961	149 599 300	Время пробега
Мюлеман	США	1961	149 598 600	То же
Томсон	Англия	1961	149 600 000	То же
Мюлеман	США	1961	149 598 750	Смещение Доплера
Мюлеман	США	1962	149 599 400	Время пробега
Мюлеман	США	1962	149 599 060	Смещение Доплера
Котельников	СССР	1962	149 597 900	Время пробега

ли к практически тождественным и очень точным результатам (см. таблицу).

Эти результаты хорошо согласуются с радарными наблюдениями Меркурия ($A = 149\,598\,640$ км; Мюлеман, США), хотя Меркурий гораздо меньше и дальше Венеры, а поэтому эхо от него гораздо слабее.

Из всех подобных измерений следует, что астрономическая единица очень близка к $149\,599\,000$ км (с ошибкой меньше 1000 км). Полученное значение астрономической единицы по крайней мере в 50 раз (!) точнее прежних определений.

В настоящее время благодаря новой технике можно

говорить лишь об уточнении этого числа в пределах немногих сотен (а не десятков тысяч!) километров. Для нужд астрономии (исключая, может быть, космонавтику) нынешняя точность более чем достаточна. Поэтому в 1964 г. Международный астрономический союз утвердил в числе других астрономических постоянных округленное значение $149\,600\,000$ км, которому соответствует солнечный паралакс $8''{,}7940$. Это значение теперь применяется во всех астрономических вычислениях и на многие годы заменит прежнее ($8''{,}80$), введенное после эфемеридной конференции 1896 г.

Поздравляем

21 апреля 1967 г. Указом Президиума Верховного Совета СССР **Бюраканская астрофизическая обсерватория Академии наук Армянской ССР** за большие заслуги в развитии астрономической науки и подготовку высококвалифицированных кадров награждена орденом **Ленина**.

«Земля и Вселенная» горячо поздравляет коллектив Бюраканской обсерватории и желает ему новых больших успехов.



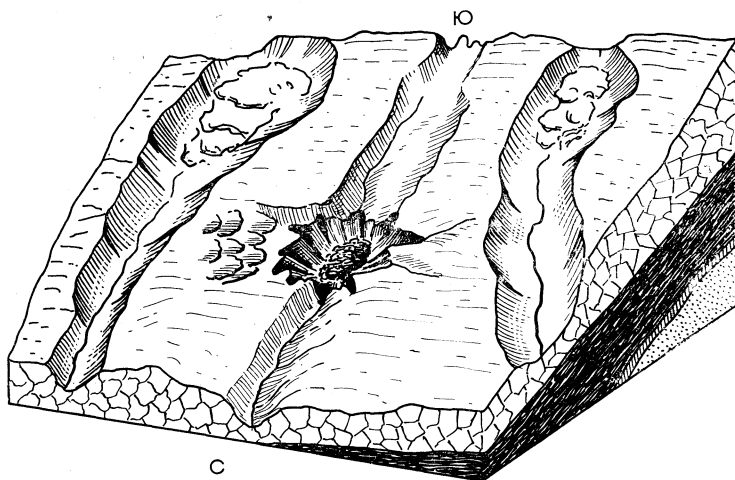
МЕТЕОРИТНЫЙ КРАТЕР В ОСЕТИИ?

Несколько лет назад, просматривая аэрофотоснимки Скалистого хребта (Центральный Кавказ), автор обнаружил на территории Северной Осетии необычное углубление поперечником в несколько сот метров и глубиной (судя по теням) в сотни метров. Более точно определить по аэрофотоснимку размеры этого кратера невозможно, так как перепад высот в горах, а следовательно, и изменения в масштабе изображения чрезвычайно велики.

Кратер, который, по нашему мнению, можно было бы назвать Иристоном (по-осетински — Осетия), расположен к северо-северо-востоку от рудничного поселка Верхний Згид на абсолютной высоте около 2700 м. Геологические условия в районе кратера таковы. На глубине примерно 1,5 км (см. рисунок) лежат гранитоиды кристаллического фундамента, которые покрыты излияниями мощностью от 0 до 20 м, представляющими собой древнее, очевидно, юрское лавовое поле. Выше залегает толща (от 400 до 1000 м) черных песчано-глинистых сланцев юрского возраста — осадки мелководного моря. Еще выше по разрезу расположены светлые карбонатные породы юрского и мелового возрастов мощностью около 1000 м. Именно в этих породах и образовался кратер Иристон.

Сейчас район в целом испытывает общее поднятие, причем отмечаются явления послынного смещения известняков. В породах, вмещающих кратер Иристон, зарегистрированы системы разноориентированных трещин, которые способствуют оползанию масс.

Во время двух кратковременных посещений района кратера Иристон автор собрал небольшой наблюдательный материал о самом кратере. Дно его покрыто рыхлыми обломочными отложениями. Форма внутренней части округла, а стенки почти отвесны. Очертания же внешней части, стенки которой более полого (до 70°) наклонены внутрь, звездообразные. Такая форма обусловле-



СТУПЕНЧАТЫЙ ОПОЛЗЕНЬ



ГРАНИТОИДЫ



ПОКРОВНЫЕ КЕРАТОФИРЫ



ЧЕРНЫЕ ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТЫЕ СЛАНЦЫ



КАРБОНАТНЫЕ ПОРОДЫ

Схема района кратера Иристон

на системами радиально расходящихся трещин, однако существенно, что подобные трещины не наблюдаются вокруг кратера на площади примерно 200 км². Если отвлечься от размеров кратера, то по форме он очень напоминает отверстие, пробитое пулей в стекле.

Известно, что в хорошо исследованном кратере Каали (Эстония) вмещающие доломиты оказались приподнятыми взрывом, причем одновременно со взрывом возникли зияющие трещины по напластованию. Нечто подобное отмечается и для стенок кратера Иристон. Правда, достаточно детально осмотреть их пока не удалось. Появление послынных трещин до сих пор объясняли тектоническими причинами и действием сочащихся вод, но вероятно, такие же трещины могут возникнуть вдоль ослабленных зон и при распространении взрывной волны.

Часть площади около кратера Иристон (см. рисунок) захвачена процессами оползания. Верхняя кромка оползня (его шов отрыва) совпадает с одной из радиальных систем трещин, а сам он образует нечто вроде пологой конической поверхности с вершиной над центром кратера. Это создает впечатление приподнятости слоев известняка вокруг кратера и говорит в пользу метеоритной природы кратера Иристон.

Заметим, однако, что все приведенные соображения и фактические данные лишь косвенно указывают на генезис кратера. Аргументированное же решение вопроса будет возможно после проведения дополнительных исследований (лучше всего разведочного бурения), так как внешне похожие образования возникают и при растворении известняков.

А. Б. РУСАНОВ



ПЕРСЕИДЫ ТЯЖЕЛЕЕ ГЕМИНИД

До недавнего времени плотность частиц, порождающих метеоры, находилась только косвенным путем из наблюдений торможения и свечения метеоров. Плотность получалась весьма разнообразная: от $0,1 \text{ г/см}^3$ до 8 г/см^3 . Если первая величина соответствует плотности каких-то очень рыхлых хлопьев, то вторая — плотности металлических частиц. Очевидно, что выводы о происхождении метеорной материи весьма различались.

В последнее время космические частицы удается собирать в высших слоях атмосферы и доставлять на Землю с помощью высотных баллонов и ракет. На этом материале в обсерватории Олбани (США) выполнили прямые определения удельного веса метеорных частиц. Объем частиц измеряется под микроскопом. Это не составляет затруднений. Гораздо труднее взвесить крупинки размером менее 100 мк . Для этого частичка приклеивалась к тонкой кварцевой нити, помещенной в переменное электрическое поле. Когда частота поля (ее легко измерить!) совпадает с частотой собственных колебаний нити, наступает резонанс (это нетрудно заметить!). Но период свободных колебаний нити зависит от массы частицы. Характер зависимости определялся опытным путем. «Гирьками» служили крохотные золотые шарики-капельки известного размера, а следовательно, и веса. Точность взвешивания достигала $\pm 10^{-8} \text{ г}$.

Одна из частиц, уловленная 12 августа 1965 г. во время метеорного потока Персеид, имела объем $6,4 \cdot 10^8 \text{ см}^3$ и массу $4,9 \cdot 10^{-7} \text{ г}$, что соответствует плотности $7,7 \text{ г/см}^3$. Более легкими оказались пылинки примерно тех же размеров, собранные в середине декабря в период действия Геминид. Их плотность получилась равной от 2 до $2,6 \text{ г/см}^3$.

«Sky and Telescope», 32, 4, 1966, 207.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТИ МАРСА

Согласно гипотезе, выдвинутой Д. Койпером и развитой в трудах В. В. Шаронова, темные области Марса (моря) представляют собой выходы на поверхность коренных горных пород. Предполагается, что продукты разрушения горных пород выносятся ветром и, откладываясь в других местах, образуют пылевой покров светлых областей Марса (материков). Эта гипотеза находит новое подтверждение в исследовании отражения Марсом радиоволн (длина волны 70 см).

Как известно, способность планеты отражать радиоволны зависит от свойств относительно глубокого слоя поверхности планеты. Считая, что поверхность Марса, как и Земли, сложена в основном силикатами, можно на основании радиолокационных данных определить плотность вещества темных и светлых областей. Оказалось, что плотность вещества темных областей планеты приближается к земным скальным породам ($2,5 \text{ г/см}^3$), а плотность вещества светлых областей составляет всего лишь около 1 г/см^3 .

По тепловым свойствам, которые исследуются на основе данных инфракрасных наблюдений, покров светлых областей получается похожим либо на кварцевый песок (плотность 1 г/см^3), либо на песчаник (плотность $0,5 \text{ г/см}^3$). Следовательно, совместно данные радиолокационных и инфракрасных наблюдений удовлетворяют только пористому кварцевому песку. Если бы вещество светлых областей находилось, подобно песчанику с небольшой плотностью, в твердом пенистом состоянии, то отражательная способность этих областей была бы много ниже минимальной наблюдавшейся величины.

Пористый кварцевый песок в земных условиях можно получить только при высокой степени измельчения (средний размер зерен несколько микрон). Такая мелкая

пыль может создавать наблюдаемые на Марсе желтые туманы, а также образовывать в условиях отсутствия влаги достаточно толстый, достигающий нескольких метров, пылевой покров светлых областей планеты.

«Астрономический журнал», 44, 1, 1967, 147—153.

УГЛЕКИСЛЫЙ ГАЗ В АТМОСФЕРЕ МАРСА

По высокодисперсным спектрограммам, полученным на 82-дюймовом рефлекторе обсерватории Мак Дональд и на 120-дюймовом телескопе Ликской обсерватории, американские исследователи Х. Спинрад, Р. Шорн, Р. Мур, Л. Гивер и Х. Смит оценили содержание углекислого газа в марсианской атмосфере.

Для этого использовалась слабая линия углекислого газа с длиной волны около 8700 А . Температура областей в атмосфере Марса, где образуются линии углекислого газа, принималась равной 200° К .

Определив содержание углекислого газа, американские исследователи нашли, что парциальное давление у поверхности Марса составляет 6 мбар . Полное поверхностное давление, по их расчетам, оказалось примерно 10 мбар .

Как известно, исследования, выполненные с помощью космического аппарата «Маринер-4», показали, что температура нижних слоев марсианской атмосферы примерно 180° К . При такой температуре поверхностное давление на Марсе должно быть около $5—6 \text{ мбар}$.

Расхождения в величинах поверхностного давления, полученных с помощью «Маринера-4» и американскими исследователями, незначительны. Следовательно, если данные «Маринера-4» точны, марсианская атмосфера состоит, в основном, из углекислого газа.

«Astrophysical Journal», 146, 2, 1966.

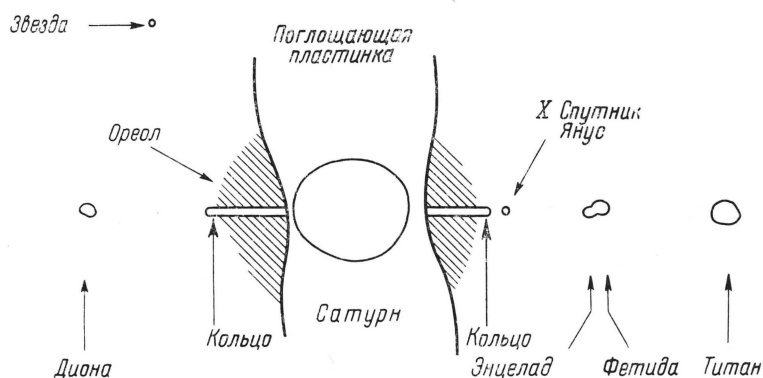
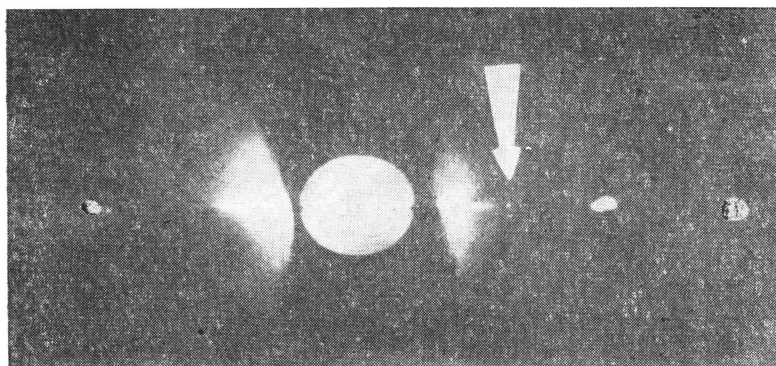


ФОТОГРАФИЯ ДЕСЯТОГО СПУТНИКА САТУРНА

На этой фотографии, полученной 15 декабря 1966 г. на метровом телескопе обсерватории Пикдю-Миди французским астрономом Одуэном Дольфюсом, виден

недавно открытый, десятый спутник Сатурна — непосредственно у правой кромки кольца. Кольцо обращено к Земле ребром. При фотографировании диск Сатурна закрывался специальной пластинкой, ослаблявшей его яркость в

100 раз. По бокам пластинки наблюдается ореол от планеты. На снимке видны спутники Сатурна: слева — Диона, справа — Энцелад и Фетида (почти «слипшиеся» изображения) и еще правее — Титан.





ФОТОДОКУМЕНТЫ

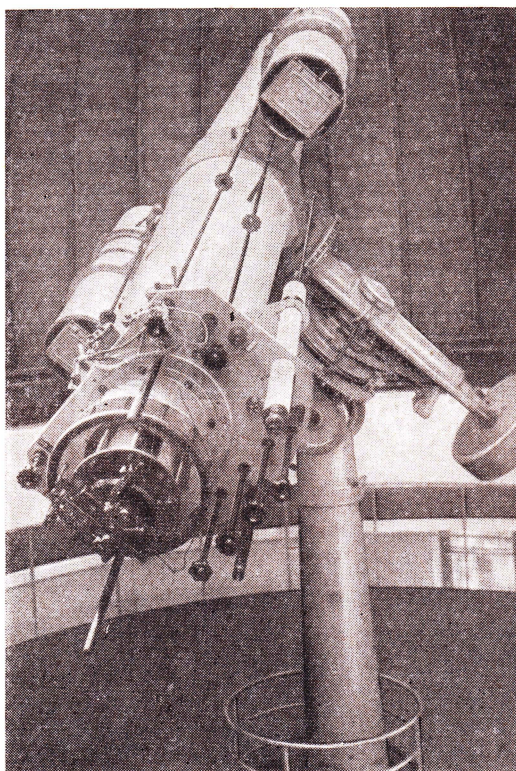
ХРОНИКА

1930 г., июнь. Первая Всесоюзная конференция исследователей переменных звезд (Нижний Новгород).

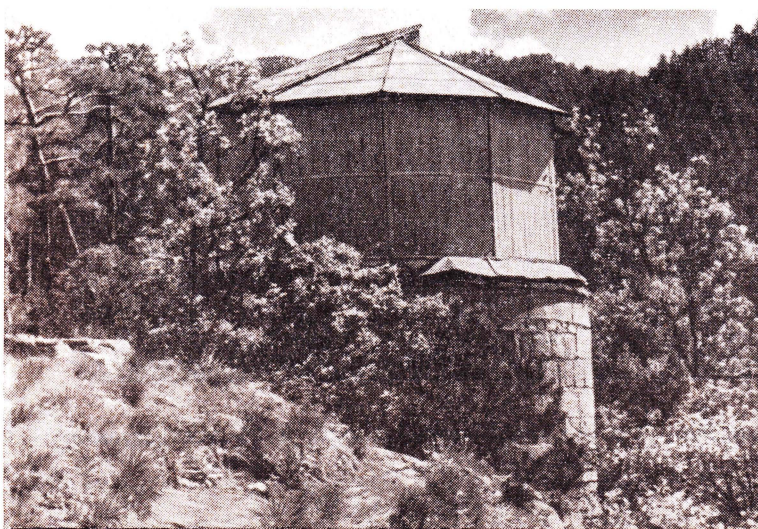
1931 г. Московская университетская астрономическая обсерватория, Астрономо-геодезический научно-исследовательский институт МГУ и Государственный астрофизический институт объединились в Государственный астрономический институт имени П. К. Штернберга (ГАИШ) (до 1 июля 1936 г. директором был математик А. А. Канцеев). Начало регулярных передач ритмических радиосигналов Службой времени ГАИШа.

1931—1937 гг. Систематические наблюдения ярких переменных звезд типа RR Лиры (Б. В. Окунев, В. П. Цесевич). Исследовали блеск всех видимых в СССР короткопериодических цефеид ярче 12-й звездной величины. Получено 200 000 (!) оценок их блеска.

1932 г., 28 февраля. Постановление СНК Грузинской ССР об организации Абастуманской горной астрофизической обсерватории. С 1937 г. она находится на горе Канобили на высоте 1700 м над уровнем моря. Организатор и бессменный директор обсерватории Е. К. Харадзе (ныне академик АН ГрузССР).

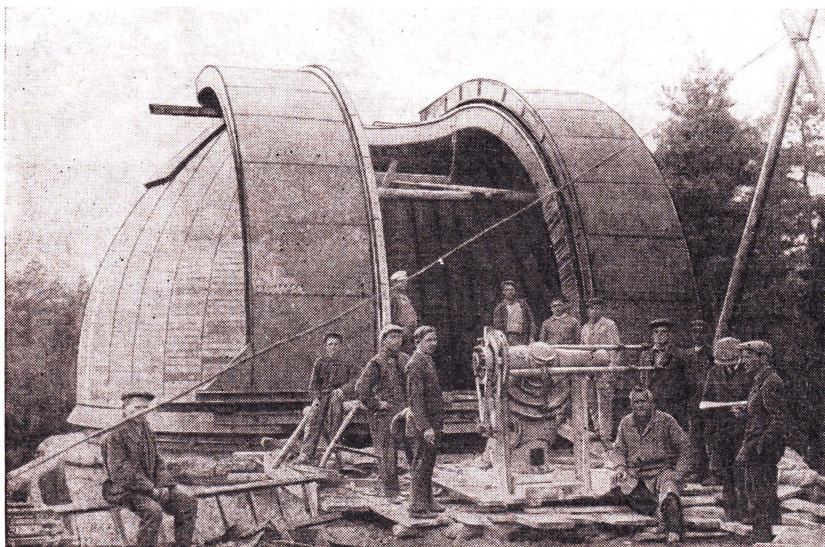


Абастумани. 16-дюймовый рефрактор с двумя 8-дюймовыми астрокамерами

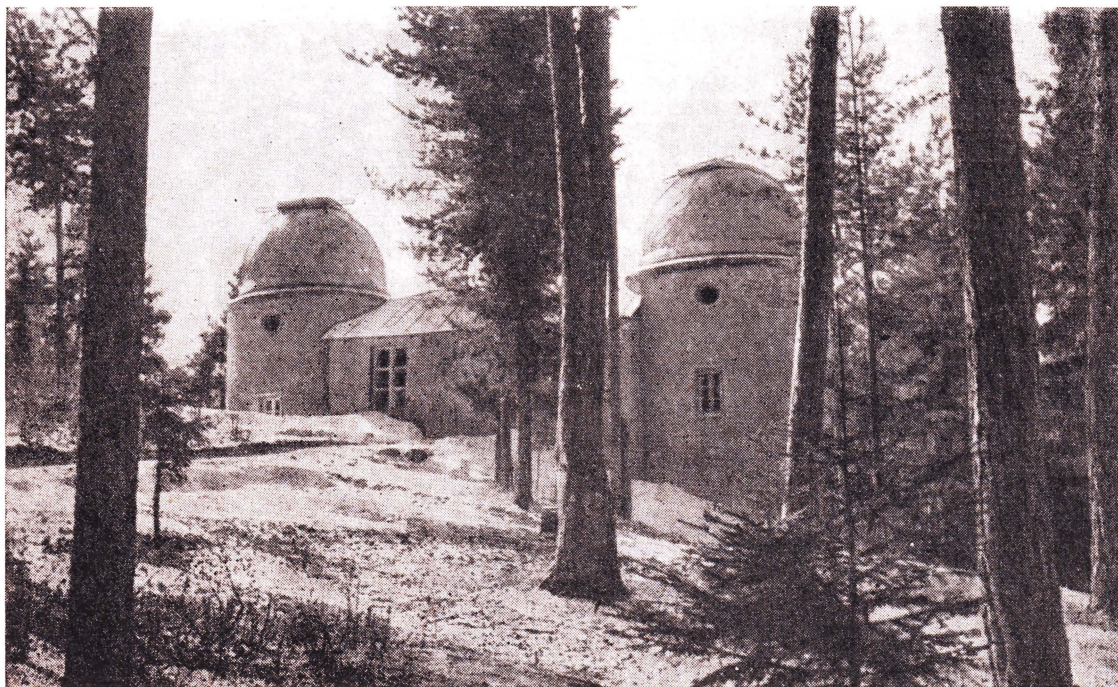


Абастумани. Башня С. П. Глазенапа — первая наблюдательная база Абастуманской астрофизической обсерватории

ИЗ ИСТОРИИ СОВЕТСКОЙ АСТРОНОМИИ (1930—1940)



Абастумани. Монтаж 16-дюймового рефрактора. (Сидит Г. Н. Неуймин — консультант монтажа)



Абастумани. Двойная башня на горе Канобили (для 13-дюймового рефлектора и 36-сантиметрового телескопа системы Шмидта).

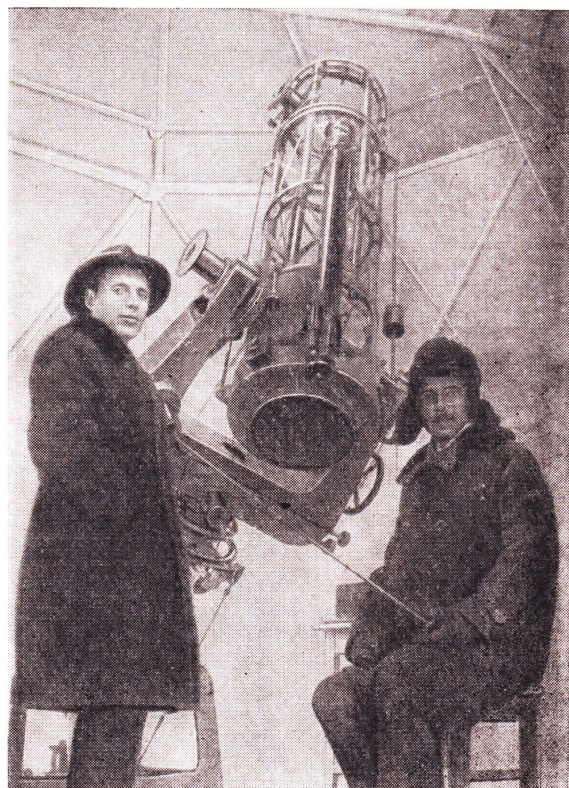
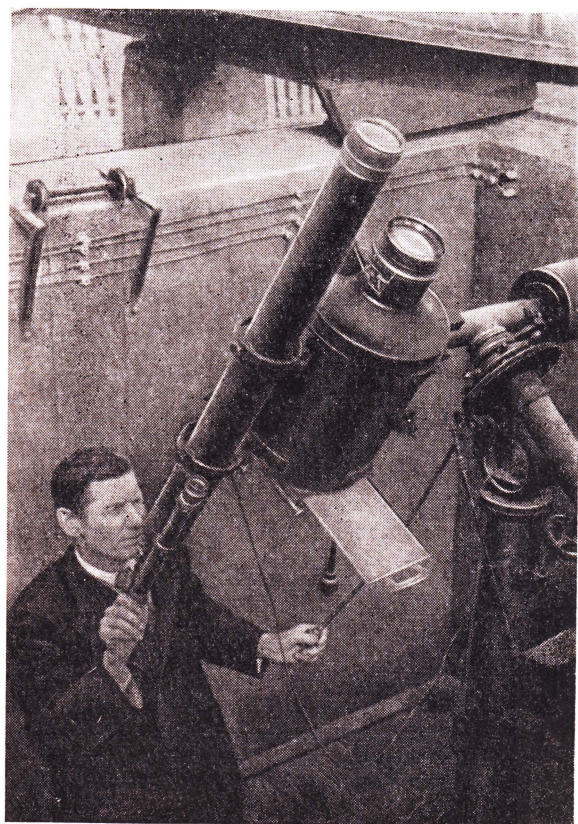
ИЗ ИСТОРИИ СОВЕТСКОЙ АСТРОНОМИИ [1930—1940]

1932 г.

Первая астрометрическая конференция (Пулково). Обсуждение планов коллективных работ, в частности плана Каталога точных положений ярких «геодезических» звезд. (В 1932—1938 гг. с этой целью проводились наблюдения в Пулкове, Москве, Казани, Ташкенте и Николаеве). На конференции обсуждалась также идея Каталога слабых звезд, который должен включать в себя около 20 000 звезд, в основном, от 7-й до 9-й величины.

Создание Н. Г. Пономаревым в Ленинградском астрономическом институте первого отечественного 33-сантиметрового рефлектора на вилочной монтировке (установлен в Абастумани).

А. В. Соловьев у короткофокусного астрографа
Астрономической обсерватории Таджикской ССР



Н. Г. Пономарев (слева) и Е. К. Харадзе у 13-дюймового рефлектора, смонтированного в башне Глазенапа в Абастумани

1932 г.

Организация в столице Таджикской ССР Астрономической обсерватории (ныне Институт астрофизики АН ТаджССР). Программа новой обсерватории — переменные и новые звезды, метеоры и кометы. В течение многих лет директором обсерватории был А. В. Соловьев.

Создание Всесоюзного астрономо-геодезического общества.

Начало в СССР фотографических наблюдений метеоров. Впервые по снимкам, полученным через вращающийся обтюратор, определена скорость и торможение яркого метеора (В. В. Федынский и К. П. Станюкович).

ИЗ ИСТОРИИ СОВЕТСКОЙ АСТРОНОМИИ (1930—1940]

1933—1934 гг. Основана астрономическая обсерватория Ереванского университета.

1934 г. Б. А. Воронцов-Вельяминов составил первый каталог планетарных туманностей.

Первый Всесоюзный астрономо-геодезический съезд (Москва).

Н. А. Козыревым (Пулково) разработана теория протяженных атмосфер звезд.

П. П. Паренаго и Б. В. Кукаркин открыли статистическую зависимость между амплитудой изменений блеска и средними промежутками между максимумами блеска для новоподобных звезд. Они предсказали вспышку Т Северной Короны (1866 г.), которая действительно вспыхнула в 1946 г.

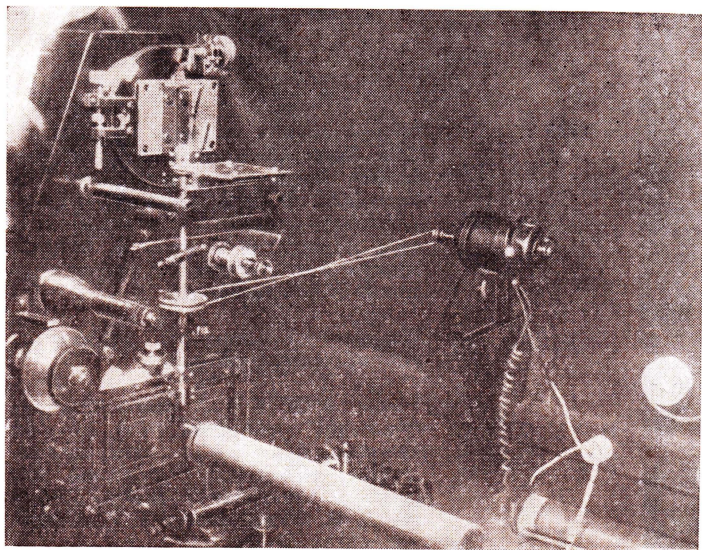
1935 г. Вступление СССР в Международный астрономический союз (МАС).

Начало в СССР электрофотометрических наблюдений звезд на Абастуманской обсерватории (В. Б. Никонов и др.).

В Харькове установлен спектрогелиоскоп, изготовленный по идее Н. П. Барабашова механиком обсерватории А. С. Салыгиным и оптиком-конструктором Н. Г. Пономаревым.



Астрономическая обсерватория в Ереване



Спектрогелиоскоп Харьковской обсерватории, изготовленный в мастерских Харьковских научных институтов

ИЗ ИСТОРИИ СОВЕТСКОЙ АСТРОНОМИИ (1930—1940)

1936 г., июнь. Специальная комиссия АН СССР под руководством директора Пулковской обсерватории Б. П. Герасимовича впервые организовала работу более 20 экспедиций для наблюдения полного солнечного затмения 19 июня 1936 г. по согласованной программе.

Н. Н. Павлов на фотоэлектрическом пассажном инструменте Пулковской Службы времени сумел зарегистрировать прохождения звезд до 4-й звездной величины. Эта работа была удостоена Государственной премии в 1947 г.

1937 г.

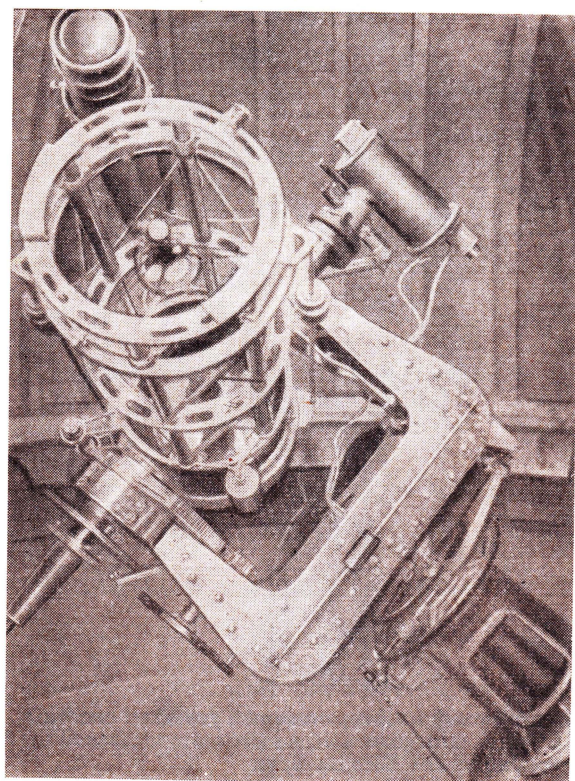
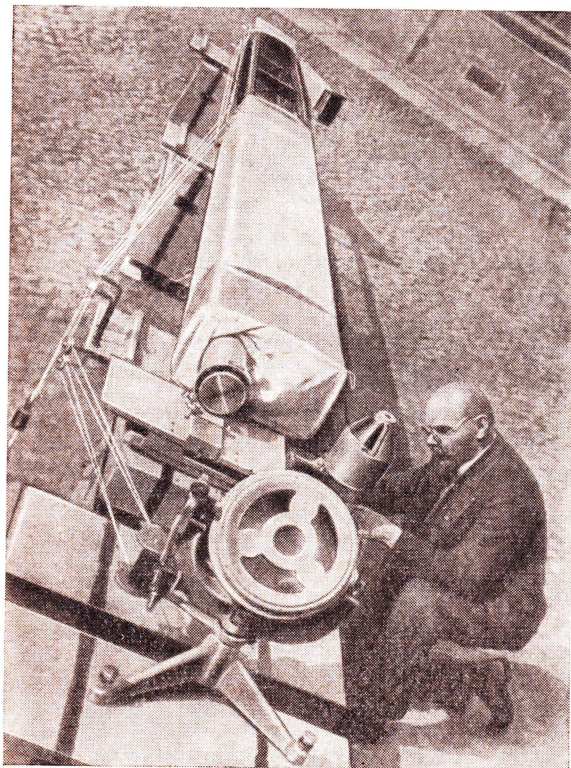
Образован Астрономический совет при Академии наук СССР — координационный и организующий орган всей советской астрономии.

М. А. Вашакидзе (Абастуманская обсерватория) разработал эффективный метод определения звездных плотностей на основе звездных подсчетов с учетом поглощения света (в литературе известен как метод Вашакидзе — Оорта).

Создан первый советский звездный электрофотометр конструкции В. Б. Никонова (изготовлен в Ленинградском астрономическом институте, установлен в Абастумани).

Заведующий конструкторским бюро Ленинградского астрономического института А. В. Коржинский за испытанием одного из шести стандартных коронграфов перед отправкой его в экспедицию по наблюдению полного солнечного затмения 19 июня 1936 г.

Абастумани. Первый советский звездный электрофотометр, установленный на 13-дюймовом рефлекторе



ИЗ ИСТОРИИ СОВЕТСКОЙ АСТРОНОМИИ (1930—1940)

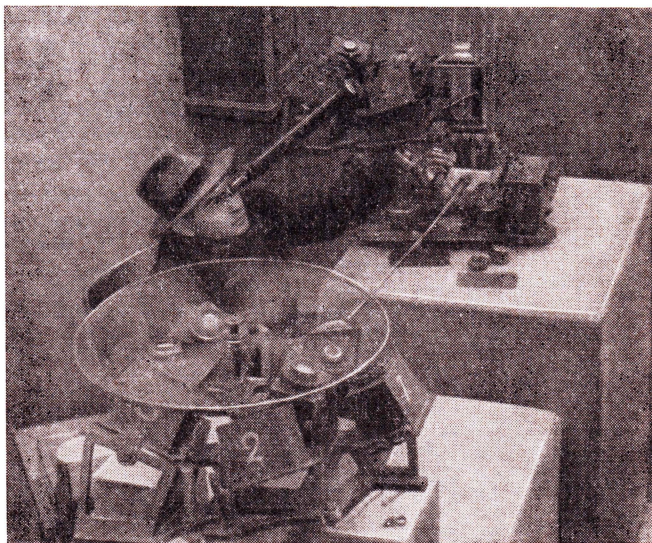
1937 г.

В мастерских Астрономического института в Ленинграде создан специальный облегченный маятниковый прибор для гравиметрических измерений экспедиции Северный полюс. (Наблюдатель Е. К. Федоров, ныне академик.)

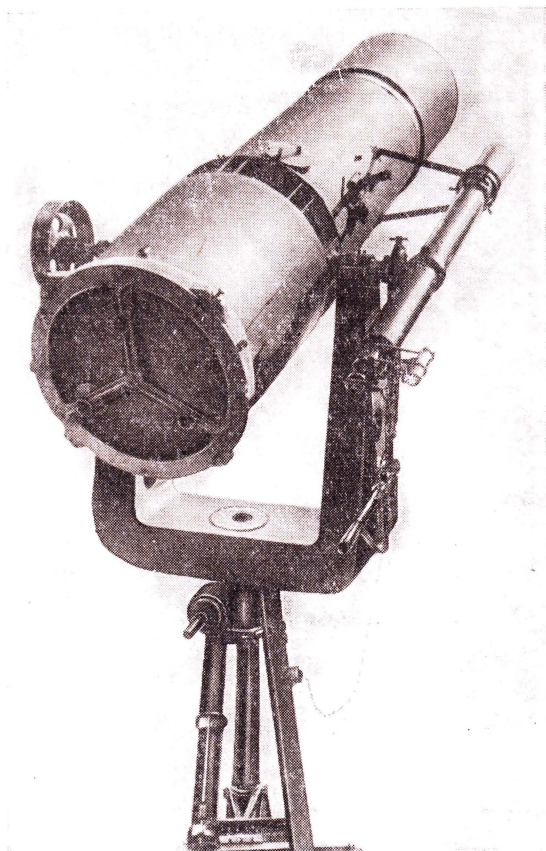
1938 г.

В Абастуманской астрофизической обсерватории на горе Канобили установлен 36—44-сантиметровый анаберрационный телескоп системы Шмидта ($F = 62$ см).

На Астрономической обсерватории в столице Таджикской ССР установлен первый в СССР метеорный патруль, состоявший из 4 агрегатов с 28 короткофокусными камерами. На обсерватории также начали систематическое фотографирование звездного неба для изучения переменных и открытия новых звезд.



Сотрудник Астрономической обсерватории Таджикской ССР Л. А. Катасев у метеорного патруля (ближайший агрегат снабжен обтюратором)



15-дюймовый анаберрационный телескоп системы Шмидта, изготовленный на Энгельгардтовской астрономической обсерватории

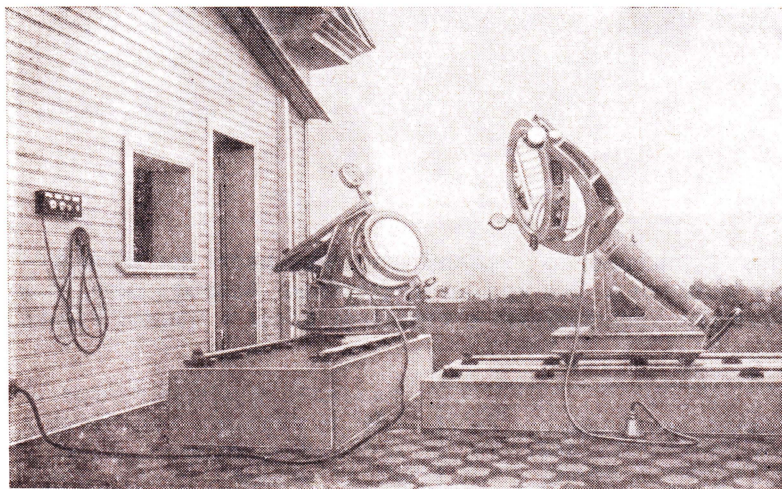
1938 г. Астрометрическая конференция в Пулкове одобрила разработанный в 10—12 ноября. ГАИШе под руководством М. С. Зверева подробный проект создания Каталога слабых звезд (КСЗ).

1939 г. Начало широтных наблюдений в Полтавской гравиметрической обсерватории на зенит-телескопе Цейсса.

На Астрономической обсерватории имени В. П. Энгельгардта под руководством Д. Я. Мартынова закончена постройка 15-дюймового анаберрационного телескопа Шмидта.

1939—1940 гг. На Государственном оптико-механическом заводе (ГОМЗ) создан большой горизонтальный солнечный телескоп (БГСТ) конструкции Н. Г. Пономарева с оптикой Д. Д. Максудова. Диаметр плоского зеркала целостата 500 мм, вспомогательного — 670 мм, главного параболического зеркала 500 мм, $F = 1700$ см, в касеэреновской системе $F = 115$ м (установлен в Пулкове).

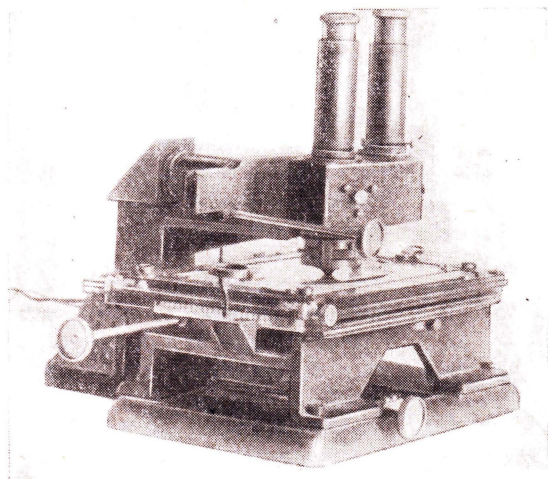
Ленинградский астрономический институт Наркомпроса РСФСР передан в Академию наук СССР (ныне Институт теоретической астрономии АН СССР).



Целостат большого горизонтального солнечного телескопа Пулковской обсерватории (конструкция Н. Г. Пономарева, оптика Д. Д. Макусова)



Ленинград. Бывший Шереметьевский дворец на Фонтанке. В его правом крыле находился Ленинградский астрономический институт



Визуальный микрофотометр А. В. Маркова, изготовленный в 1937 г. в мастерских Ленинградского астрономического института

1939—1941 гг. Б. Ю. Левин (Москва) разработал физическую теорию движения метеоров в земной атмосфере.

1940 г.

В. А. Амбарцумян исследовал проблему межзвездного поглощения света дискретными темными туманностями и определил среднее поглощение в одной такой темной туманности.

Ф. Н. Красовский и А. А. Изотов первыми в СССР вывели элементы земного эллипсоида.

П. Г. БУЛИКОВСКИЙ,
доцент

Собственные колебания Земли*

Фрэнк ПРЕСС

Когда происходит гигантское землетрясение, то земной шар начинает колебаться — вибрировать, подобно звенящему колоколу. Эти крайне медленные «свободные», или «собственные», колебания дают ученым информацию о строении коры и мантии Земли.

Открытие собственных колебаний Земли — одно из интереснейших и наиболее крупных достижений геофизики и современного естествознания вообще.

Исследование собственных колебаний позволило получить два фундаментальных результата, имеющих отношение к проблеме внутреннего строения Земли. Во-первых, доказано, что на глубинах 50—250 км (в глобальном масштабе) расположен слой пониженных скоростей сейсмических волн. Во-вторых, впервые удалось выявить характер распределения с глубиной так называемой диссипативной функции Q . Оказалось, что эта важная энергетическая характеристика имеет минимум (около 100) на глубинах 50—250 км.

В СССР теоретические работы по изучению собственных колебаний были начаты в 1961 г. В начале 1962 г. впервые были опубликованы результаты, показывающие, что собственные колебания позволяют определить Q как функцию глубины, а в 1965 г. такое определение было осуществлено. Результаты оказались близкими к полученным Андерсоном и Арчамбо в США в конце 1964 г.

Предлагаемая вниманию читателей статья написана ведущим американским геофизиком Ф. Прессом. В ней, в основном, излагаются работы, выполненные сотрудниками Пасаденской геофизической лаборатории, директором которой Пресс был долгое время. В статье затронуты практически все аспекты проблемы.

В. Н. ЖАРКОВ,
доктор физико-математических наук

состояния покоя; землетрясение заставляет всю Землю колебаться, подобно колоколу, в течение нескольких недель или месяцев. За последние пять лет геофизики научились обнаруживать свободные колебания всего земного шара и анализировать их для получения информации о внутреннем строении Земли.

Значение свободных колебаний состоит в том, что сложное колебательное движение любого тела можно описать как результат сложения ряда простых независимых гармонических движений — тонов, являющихся собственными колебаниями этого тела. Каждое из них может быть возбуждено отдельно, а сложные колебания состоят из многих различных тонов. Частоты последних определяются исключительно природой колеблющегося тела, а не частными обстоятельствами, которые характеризуют условия возбуждения.

В случае Земли все возможные упругие возмущения планеты можно представить в виде суперпозиции (результата наложения) свободных колебаний. Такой подход применим даже к сложной картине движений, которая

Оттяните и отпустите туго натянутую струну — она начнет колебаться; ударьте по колоколу или гонгу — он зазвучит. Подобные колебания

называются свободными или собственными; они возникают в любой механической системе, которая выведена из состояния равновесия и затем предоставлена самой себе.

Земной шар тоже колеблется, когда его выводят из

* Журнал «Scientific American», ноябрь 1965 г. Перевод с английского Л. В. Самсоненко.

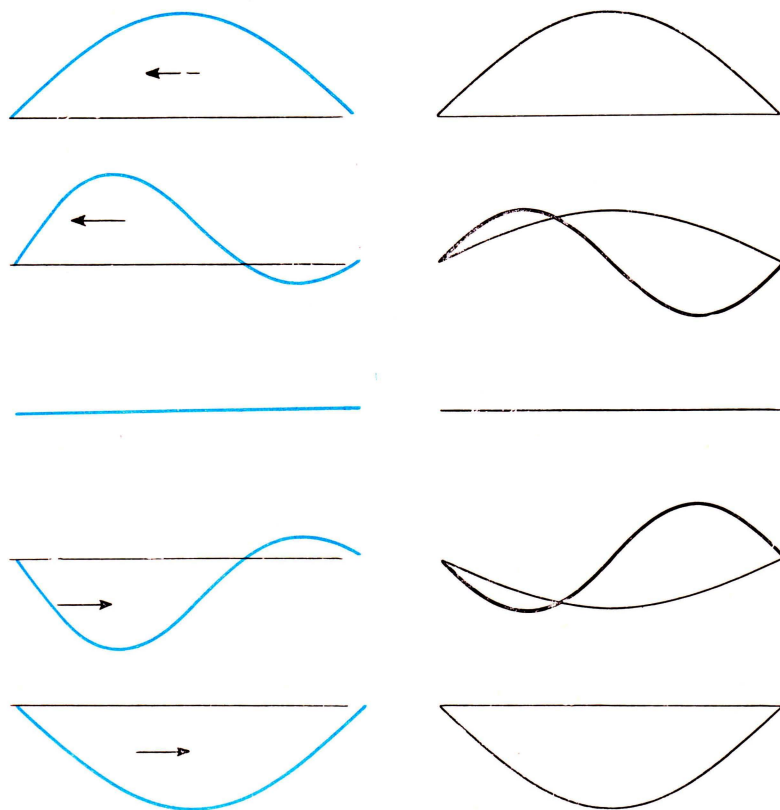


Рис. 1. Колебания струны могут быть представлены бегущей волной (слева) или двумя стоячими волнами (справа). Тогда бегущая волна — результат наложения первых двух колебаний струны (основного тона и первого обертона) со сдвигом фаз на 90°

вызывается землетрясением и которую обычно считают последовательностью рядов бегущих волн. Эти волны можно рассматривать с двух точек зрения. В самом деле, когда бегущая волна интерферирует сама с собой, она превращается в стоячую волну. Поэтому движение оттянутой скрипичной струны, например, может быть полностью описано бегущей волной. Эта волна выходит из точки, в которой струна была выведена из равновесия, и затем попеременно отражается от закрепленных концов

струны. С другой стороны, можно изучать собственные колебания, или стоячие волны, характерные для данной струны (рис. 1).

Сейсмические волны, в которые преобразуется энергия землетрясений, обычно рассматриваются как распространяющееся возмущение, охватывающее в данный момент определенную область земного шара; однако столь же правильно и притом с большей общностью это же движение может рассматриваться как определенный набор собственных колебаний

Земли как целого. Последний подход имеет два преимущества. Во-первых, он обеспечивает нас информацией о внутреннем строении и других свойствах Земли в целом, и, во-вторых, он дает метод, при помощи которого мы получаем сведения о весьма длинных сейсмических волнах. Такие волны представляют большой интерес для геофизиков, но их очень трудно выявить и проанализировать.

Собственные колебания шара имеют более сложный характер, чем у струны. Они распадаются на два класса: сфероидальные и крутильные. При крутильных колебаниях (T) каждая частица тела остается на той сферической поверхности (на шаре или внутри него), на которой она находилась до возбуждения движения. Сфероидальные колебания (S) включают в себя не только «горизонтальные» движения, но и радиальные смещения, при которых расстояния частиц от центра шара то возрастают, то уменьшаются. Далее, в случае колеблющейся струны достаточно одного целого числа, чтобы охарактеризовать каждое собственное колебание. Это число — порядок колебания — на единицу меньше числа узлов, т. е. точек, в которых смещение равно нулю (рис. 2). Для описания собственных колебаний мембраны (например, барабана) требуются два целых числа. В случае трехмерного тела — шара необходимо три целых числа; они обозначаются буквами l , m и n .

Числа l и m определяют

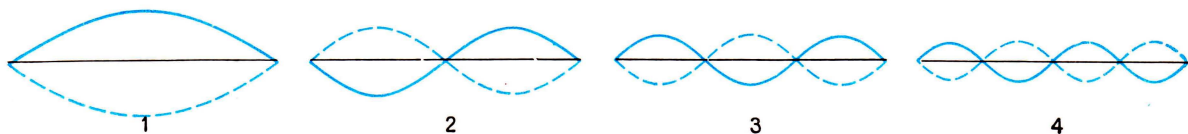
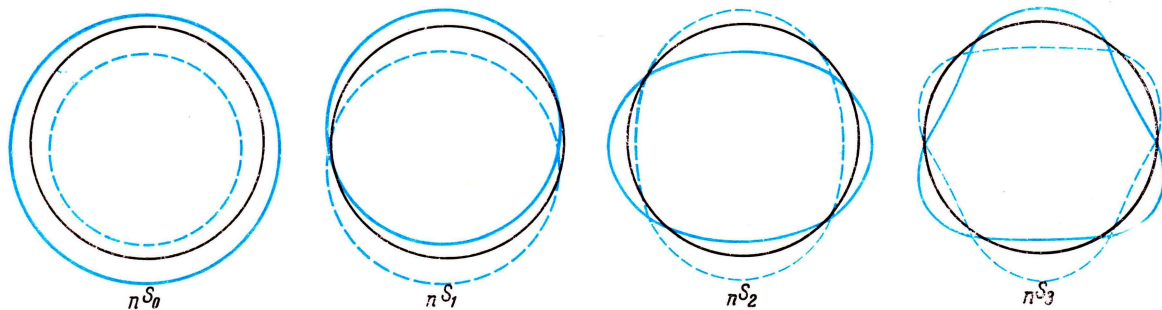
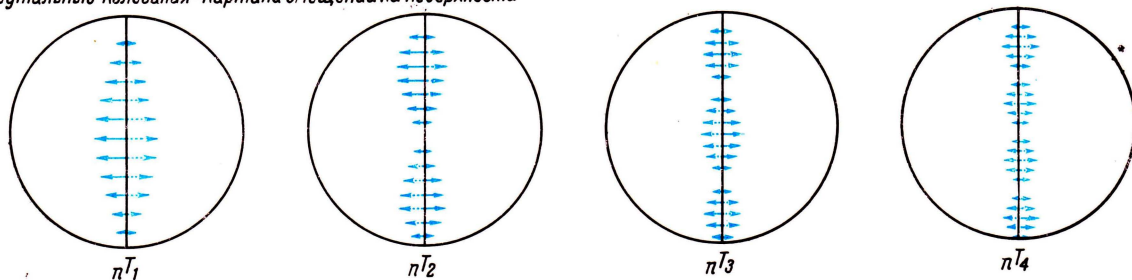


Рис. 2. Первые четыре собственных колебания струны — основной тон, а также первый, второй и третий обертоны. Струна колеблется между положениями, указанными на рисунке сплошной и пунктирной линиями. Порядок собственного колебания (числа 1, 2, 3, 4) на единицу меньше числа узлов, т. е. точек, в которых смещение струны равно нулю

Сферические колебания — картина смещений на поверхности



Крутильные колебания — картина смещений на поверхности



Конфигурация колебаний в недрах Земли

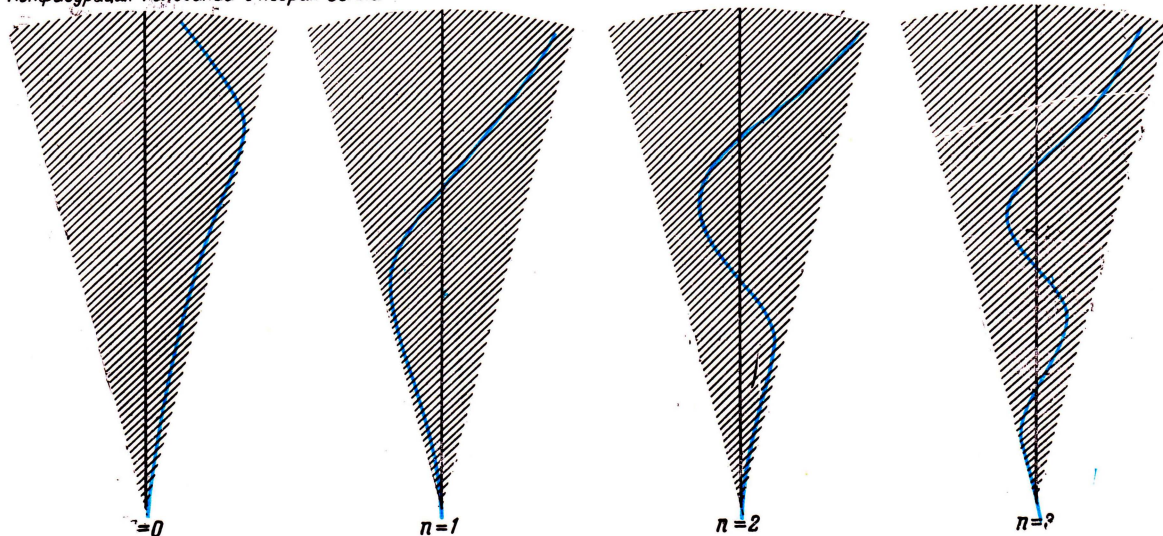


Рис. 3. Собственные колебания шара. На рисунке показано несколько конфигураций смещений на поверхности и в глубине. Обозначения поясняются в тексте

картину смещений на сферической поверхности, точнее, расположение на ней **узловых линий** по отношению к источнику возмущения. (На узловых линиях смещения частиц тела равны нулю.) Числа l и m можно назвать соответственно широтным и долготным индексами. Если бы Земля не вращалась, частоты ее собственных колебаний не зависели бы от m . Индекс n характеризует изменение картины смещений с глубиной, а именно дает число **узловых поверхностей** по радиусу. Любое сфероидальное или крутильное колебание может комбинироваться с какой угодно конфигурацией смещений по глубине; другими словами, всякое колебание может повторяться на любом числе уровней.

Тип собственного колебания может быть полностью описан посредством двух символических обозначений: ${}_nS_l^m$ или ${}_nT_l^m$. На рис. 3 (где m для простоты выбрано постоянным и не помечено) можно видеть, что шар то сжимается, то расширяется при основном колебании ${}_nS_0$ и его обертонах (чисто радиальные колебания), смещается как целое при колебаниях ${}_nS_1$, приобретает форму мяча для регби при колебаниях ${}_nS_2$ и т. д. Основное колебание ${}_nT_2$, например, состоит в том, что оба полушария поворачиваются относительно друг друга в противоположных направлениях вокруг одной и той же оси; для крутильных колебаний более высокого порядка достаточно уже небольших изменений по широте, чтобы направления поворотов переменили знак.

Истоки теории упругих колебаний шара восходят к на-

чалу XIX в. Впервые эта проблема рассматривалась французским математиком С. Пуассоном в 1829 г. В конце XIX — начале XX в. теория колебаний шара была дополнена и применена к Земле трудами выдающихся английских физиков-теоретиков. Так, более 50 лет назад А. Ляв оценил период основного тона ${}_0S_2$ для земного шара. Предполагая, что Земля однородна и ее упругие свойства в среднем такие же, как у стали, он получил величину около 1 часа.

Однако лишь недавно счастливое сочетание обстоятельств позволило зарегистрировать собственные колебания Земли, а также дать современную трактовку этого вопроса. Американские геофизики Г. Бенъофф, Л. Лакост, М. Юинг и автор настоящей статьи разработали сейсмографы, чувствительные к длиннопериодным движениям Земли; приборы были размещены по сети станций в разных пунктах земного шара. К этому же времени на вооружение исследователей поступили быстродействующие электронные вычислительные машины и были разработаны новые методы интерпретации сейсмических волн, в том числе их численный спектральный анализ. Х. Пекерис (Израиль) и его сотрудники достигли успехов в развитии теории распространения волн, применив ее к моделям реальной Земли.

Новые приборы должны быть чувствительны к длиннопериодным, низкочастотным волнам. Это потребовало

разработки электронных преобразователей-датчиков, которые были бы избирательно чувствительны к очень медленным смещениям почвы, а также фильтров, сводящих к минимуму «шумы» и усиливающих полезный сигнал. Датчики, чувствительные к незначительным изменениям емкости, регистрируют движения инертной массы **маятникового сейсмографа** (рис. 4), изменение уровней ртути в **наклономере** (рис. 5) или изменение расстояния между опорами **стрейн-сейсмографа** (рис. 6). Как датчики могут использоваться также оптические интерферометры и дифференциальные преобразователи.

Сигнал на выходе фиксируется в виде зигзагообразной линии — **сейсмограммы**, которая прочерчивается пером прибора или световым зайчиком, или же посредством магнитной записи. В последнем случае сейсмограмма цифруется, что необходимо для последующего анализа на электронных вычислительных машинах.

Чувствительность современных сейсмографов ограничивается не столько их конструкцией, сколько уровнем шумов. Эти шумы называются **микросейсами**. Источником микросейсм служат, прежде всего, ветры и морское волнение, энергия которых передается твердой земле. Микросейсмсы могут распространяться на тысячи километров от источника их возбуждения. Шумы вызывают и промышленные предприятия, и транспорт, а также суточное нагревание и охлаждение тонкого верхнего слоя земной коры. Даже периодические деформации поверхности Земли под воздействи-

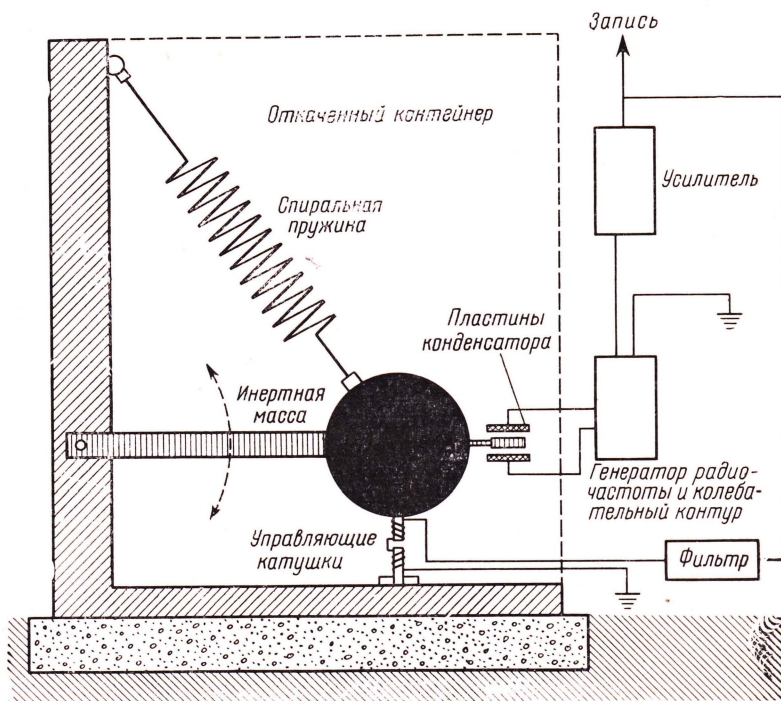


Рис. 4. Вертикальный маятниковый сейсмограф, сконструированный Р. Джилманом (США), записывает вертикальную компоненту длинных волн от землетрясений. При смещении почвы инертная масса стремится оставаться на месте. Относительное движение пластин конденсатора генерирует электрический сигнал, который направляется к записывающему устройству. Фильтры направляют ложные сигналы (от других волн) в катушки, которые удерживают массу в нужном положении. База прибора равна 60 см

ем лунных приливов «загрязняют» сейсмические сигналы. (Правда, то, что является

«шумом» для одной цели, оказывается «сигналом» для другой: так, земные приливы

особо исследуются многими геофизиками*.)

Чувствительные маятниковые сейсмографы могут обнаруживать смещение в 1 ммк (10^{-6} мм). Группируя несколько приборов, легче обнаружить смещение, поскольку чувствительность возрастает, грубо говоря, как квадратный корень из числа элементов в группе. Сеть из многих приборов смонтирована в настоящее время в штате Монтана для обнаружения слабых землетрясений и ядерных взрывов. 500 сейсмографов этой сети, охватывающей площадь с поперечником 200 км, могут зарегистрировать смещение почвы меньше 0,1 ммк! Стрейн-сейсмограф особенно чувствителен к весьма длинным волнам. Чувствительность этого прибора ограничивается шумами и составляет 10^{-9} (другими словами, 1 мм на 1000 км) для постоянных смещений и 10^{-10} для проходящих волн.

Выше уже говорилось о

* См. Н. Н. Парийский. Земные приливы и внутреннее строение Земли, «Земля и Вселенная», № 5, 1966 г.

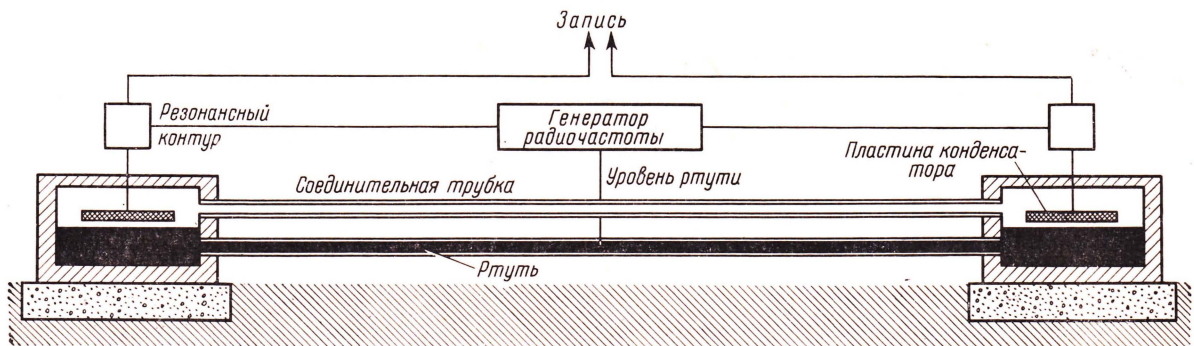


Рис. 5. Наклономер обнаруживает наклоны земной поверхности. В приборе измеряется относительное изменение емкости как результат возникновения разности уровней ртути в двух резервуарах. В этой конструкции, разработанной Г. Беньоффом и У. Джайлом (США), имеются три резервуара, разнесенные на 30 м друг от друга

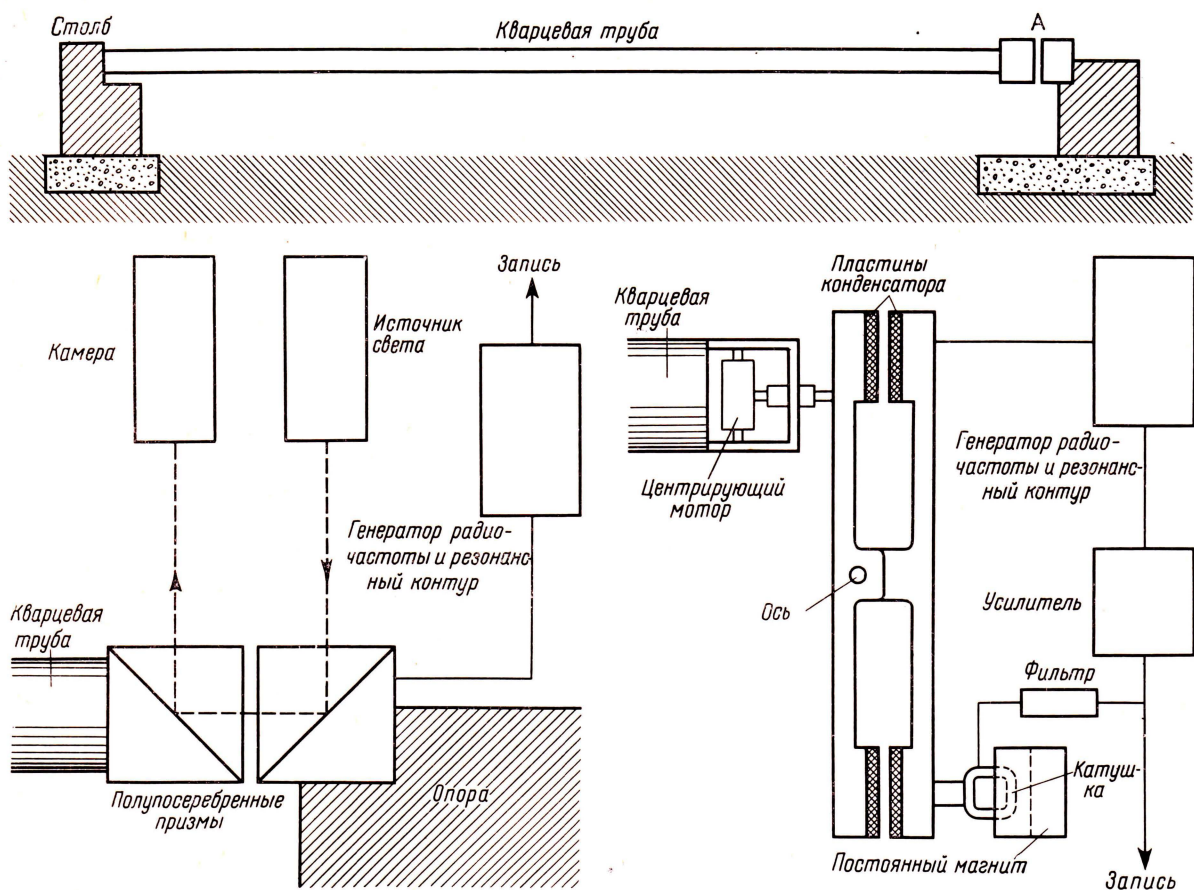


Рис. 6. Стрейн-сейсмограф конструкции Г. Беньюффа регистрирует деформации, или изменение расстояния между двумя столбами-опорами. Кварцевая труба (вверху) длиной от 3 до 30 м протягивается от одной опоры почти до другой. Изменение небольшого промежутка А регистрируется одним из датчиков, сконструированных Л. Блейни. В одном датчике (слева внизу) полупосеребренные призмы служат пластинами конденсатора, а также входят в состав оптического интерферометра, который используется для калибровки инструмента. В другом (справа внизу) пластины конденсатора поворачиваются вокруг оси и ложные сигналы корректируются системой обратной связи, как в вертикальном маятниковом сейсмографе

двух возможных подходах к описанию волнового движения посредством бегущих или стоячих волн. Физически это проявляется в том, что собственные колебания Земли (стоячие волны) связаны с бегущими поверхностными волнами. Так, крутильные колебания можно рассматривать как результат интерференции двух волн Лява (названных в честь уже упомянутого физика-теоретика,

открывшего их). Аналогично, сфероидальные колебания эквивалентны рэлеевским волнам (названным по имени другого знаменитого физика — лорда Рэля). Волны Лява — поперечные волны сдвига: почва колеблется горизонтально под прямым углом к направлению распространения волн. Рэлеевские волны напоминают волны на поверхности воды: частицы в них движутся по эллипсам,

лежащим в вертикальной плоскости, вдоль которой распространяется волна.

Собственные колебания, как и эквивалентные им поверхностные бегущие волны, не содержат никакой информации о той области недр Земли, куда они не проникают. Поэтому выбор метода анализа сейсмограммы — в терминах волн Лява или Рэля или собственных колебаний — определяется сооб-

ражениями удобства. Здесь все зависит от длины волны. Поверхностные сейсмические волны по несколько раз огибают Землю; в результате одна и та же волна многократно появляется на сейсмограмме. В случае волн с периодами больше 1000 секунд, что соответствует длинам волн порядка земного радиуса, становится трудно распознать различные «вступления» одной и той же волны. Такие волны лучше изучать как собственные колебания. Однако вступления волн с периодами меньше 300 секунд разделяются легко. В этом случае длины волн меньше 1500 км, а скорость их распространения определяется свойствами земной коры и верхней мантии. Эти свойства могут быть различными под континентами и под ложем океана. Определяя скорости распространения таких волн на отдельных трассах (океанических или континентальных), характеризующихся единой геологической структурой, можно получить достаточно подробные сведения о строении коры и верхней мантии Земли. Вот почему эти более короткие волны лучше изучать как бегущие волны, а не как собственные колебания земного шара.

Скорости распространения волн с различными периодами дают нам информацию о внутреннем строении Земли благодаря тому, что существует зависимость между длиной волны и глубиной, на которую проникает волна. Скорости волн определяются по временам их вступления на различные станции или по временам прихода на одну и

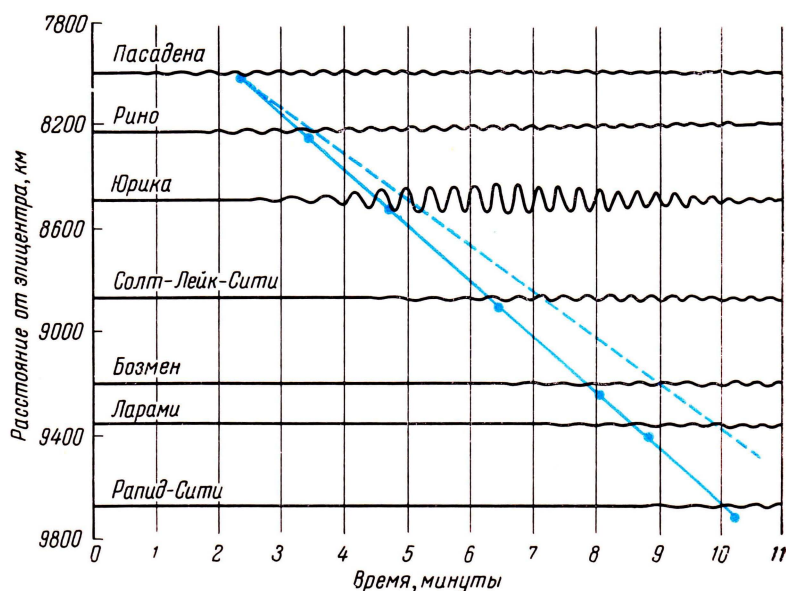


Рис. 7. Определение скоростей рэлеевских волн по семи сейсмограммам с записями вступлений волн. Цепь инструментов (профиль) охватывает примерно 2000 км. Сплошная наклонная линия соединяет гребни волн и дает фазовую скорость. Пунктирная линия соединяет группы волн с одинаковой частотой и определяет групповую скорость

ту же станцию волн, оббежавших земной шар в противоположных направлениях.

На рис. 7 приведены сейсмограммы вступлений рэлеевских волн от землетрясения на Соломоновых островах, записанные семью станциями в США; сейсмограммы размещены по расстоянию станций от эпицентра землетрясения. Если провести прямую, соединяющую точки с одинаковой фазой на каждой сейсмограмме (например, гребни волны), то ее наклон дает **фазовую скорость** волн данного периода. Если же, начиная от той же точки, что и при определении фазовой скорости, соединить линией центры групп волн, имеющих примерно одинаковую частоту, то наклон этой прямой

даст нам **групповую скорость** волн одного и того же периода. И групповая, и фазовая скорости увеличиваются с длиной волны. Вот почему при взгляде на сейсмограмму видно, что в «голове» цуга волн идут более длинные волны, а в «хвосте» — более короткие.

Рассортировка, или дисперсия волн в соответствии с их периодами зависит, прежде всего, от изменения с глубиной скорости распространения упругих колебаний в Земле: длинные волны охватывают большие глубины, и скорость волн растет с глубиной. Поэтому анализ дисперсии волн по сейсмограммам дает нам сведения о свойствах различных слоев Земли или особенностей стро-

ения земных недр под материками или океанами.

На основе большого числа наблюдений строят дисперсионные кривые, выражающие зависимость фазовой и групповой скоростей от периодов волн (рис. 8). Если решать задачу, так сказать, в обратном порядке, то можно построить теоретические дисперсионные кривые. Именно, сделав определенные предположения о внутреннем строении Земли, можно рассчитать скорости распространения волн разных периодов. В настоящее время такие кривые рассчитаны теоретически, и они хорошо удовлетворяют данным наблюдений. Правда, пока соответствие не является однозначным, поскольку еще не накоплено достаточного количества данных наблюдений, но вычисленные дисперсионные кривые все же ограничивают набор возможных моделей строения Земли. Такие ограничения исключительно важны для исследователя, поскольку по мере их накопления сужается область неизвестного.

Область земного шара, охватываемая измерениями свободных колебаний, определяет глубины, на которых можно исследовать строение Земли. Так, на рис. 8 представлены результаты измерений волн Лява с периодами меньше 300 секунд. Для более длинных волн, отражающих свойства глубинных слоев земной мантии, данные выводятся из анализа различных тонов собственных крутильных колебаний (T) Земли.

Длинные поверхностные волны интенсивно изучались теоретиками в 1950—1960 гг. Но тогда в распоряжении исследователей не было ни приборов, необходимых для на-

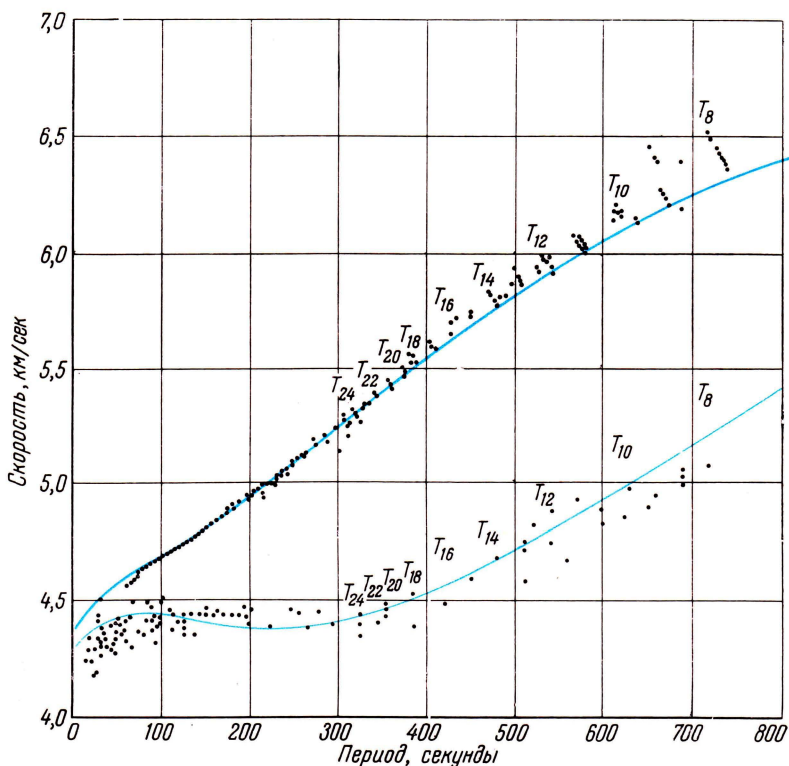


Рис. 8. Дисперсионные кривые. Данные, полученные экспериментально (точки), сопоставлены с теоретическими кривыми для фазовой (темная линия) и групповой (светлая линия) скоростей для одной из моделей Земли

блюдений собственных колебаний, ни достаточно мощного источника возбуждения сильных колебаний. Положение изменилось после гигантского Чилийского землетрясения в мае 1960 г. В течение нескольких недель после этого землетрясения группы исследователей в США сообщили о регистрации около 40 основных сфероидальных тонов, 25 крутильных и нескольких обертонов сфероидальных колебаний.

Определение периодов собственных колебаний экспериментальным методом начи-

нается с анализа сейсмограмм, содержащих записи различных деформаций почвы (сжатий, растяжений, наклонов и т. д.). Выходной сигнал от датчика разбивается на отдельные отрезки по времени — скажем, через каждые 10 секунд — и записывается на магнитной ленте в виде последовательности чисел. Эта последовательность начинается с первого сигнала от землетрясения и может тянуться в течение недель или месяцев, в зависимости от того, как быстро затухают свободные колебания. (Одновременно делается обычная запись, потому что по виду сейсмограммы гораздо легче,

чем из ряда цифр, установить, работал ли инструмент.)

Проблема определения периодов собственных колебаний в сущности сводится к разложению временных рядов на входящие в их состав гармоники. Такой процесс называется анализом Фурье. Сама процедура вычислений, выполняемая на электронной машине, состоит в умножении рядов на синусоидальную волну данной частоты и в усреднении произведения по всему ряду. Операция усреднения уничтожает компоненты всех частот, кроме выбранной, и получившееся среднее значение пропорционально интенсивности этой компоненты в ряду. Процесс повторяется сначала с одной частотой, потом с другой и т. д., пока не будет пройдена вся полоса частот. В результате получается спектр с пиками, приходящими на частоты различных тонов собственных колебаний Земли. Высота пика опреде-

ляет мощность (или степень возбуждения) данного тона. Все это похоже на анализ Фурье процесса прохождения сложного электрического сигнала через фильтр с узкой полосой пропускания. Фильтр можно сконструировать так, чтобы подавить все частоты, кроме одной, и тогда выходящий сигнал будет пропорционален интенсивности гармонической составляющей с данной частотой, присутствующей в первоначальном сигнале. Спектр может быть сделан «чище» путем процесса «перекрестного» анализа. Если два временных ряда получены по данным двух достаточно удаленных станций и если полезные сигналы в обоих рядах связаны (коррелированы) между собой, а шумы — нет, то можно значительно уменьшить шум, «загрязняющий» спектр.

С. Смит (США) сравнил спектры мощности двух сильнейших землетрясений — Чилийского 1960 г. и Аляскин-

ского 1964 г. Из его данных четко выявляются периоды собственных колебаний. На рис. 9 спектральные пики, соответствующие сфероидальным S и крутильным T колебаниям, обозначены по индексу тона. Положения пиков в большинстве случаев совпадают в обоих спектрах, а амплитуды различаются. Теоретические расчеты Пекериса и его сотрудников позволяют подобрать для экспериментальных пиков подходящие значения периодов сфероидальных и крутильных колебаний. Как и требует теория, собственные колебания отражают свойства земного шара, а не отдельных землетрясений: пики приходится на одни и те же периоды как для Чилийского, так и для Аляскинского землетрясений. Однако интенсивность каждого колебания зависит от местоположения и размеров источника, так что не все пики в спектрах этих двух землетрясений

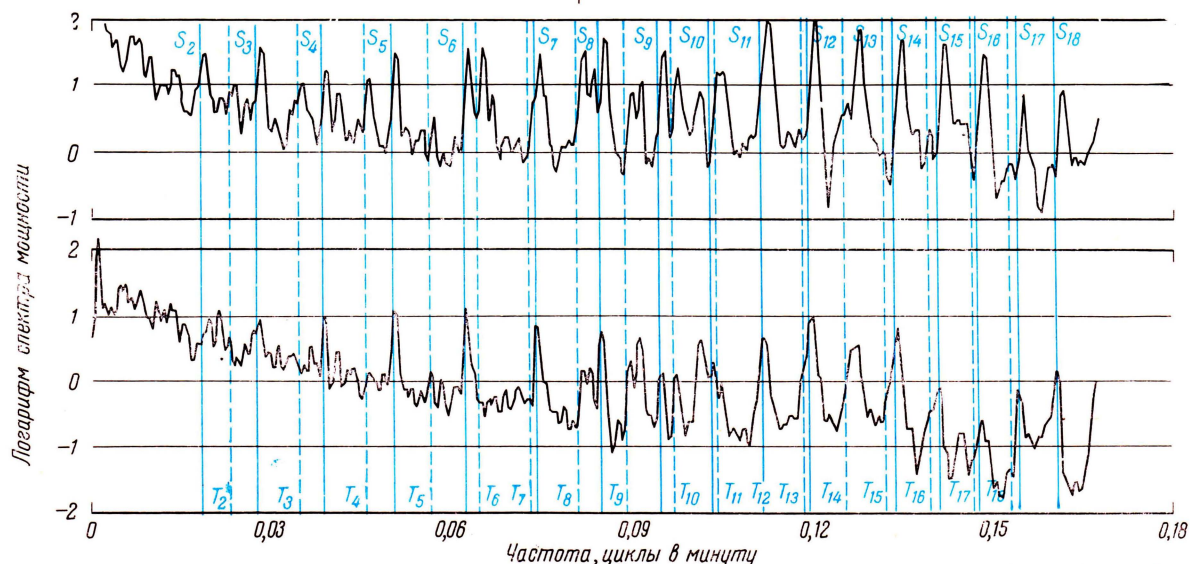


Рис. 9. Спектры мощности сейсмических волн от Чилийского землетрясения 1960 г. (вверху) и Аляскинского 1964 г. (внизу)

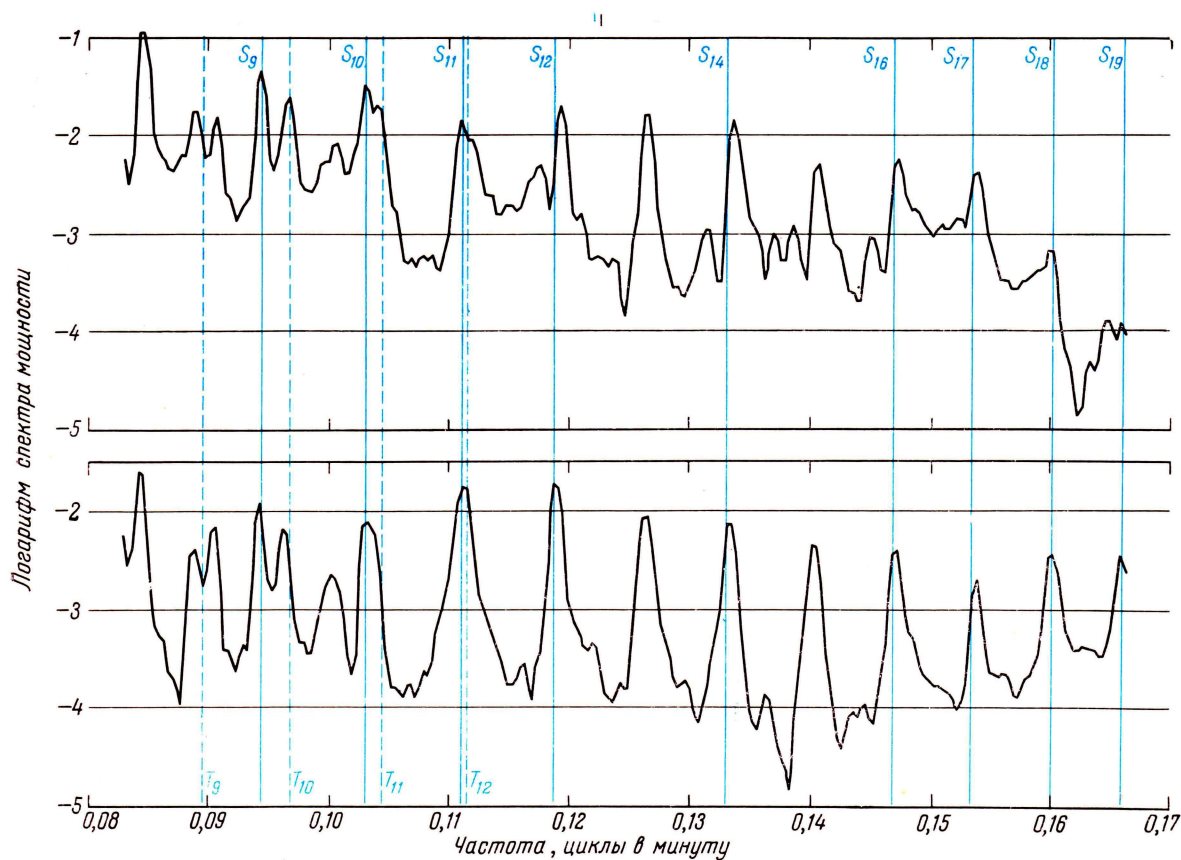


Рис. 10. Спектры, полученные со стрейн-сейсмографом в Перу (вверху) и в Калифорнии (внизу) для Чилийского землетрясения

имеют одинаковую высоту. Воспользуемся аналогией: скрипичную струну можно оттянуть сильнее или слабее; в обоих случаях она будет издавать звук одного и того же тона, но звук этот будет громче или тише.

Пики в спектрах, полученных по записям двух землетрясений, сделанным в одном месте, совпадают. Точно так же они совпадают и в случае спектров, полученных на основе записей одного землетрясения двумя достаточно удаленными стрейн-сейсмографами (рис. 10). В этом случае две кривые были про-

анализированы на **когерентность** — меру корреляции. Когерентность оказывается высокой вблизи пиков, но низкой между пиками; иными словами, частоты собственных колебаний на обеих записях совпадают, а частоты шумов — нет. Другое подтверждение правильности теории: основные крутильные колебания, в которых полностью отсутствуют вертикальные компоненты, не выявляются на спектрах, полученных с вертикальными маятниковыми приборами (в спектрах, полученных с горизонтальными маятниками и

стрейн-сейсмографами, появляются и крутильные, и сферондальные колебания).

Предсказание и обнаружение свободных колебаний Земли — один из наиболее изящных экспериментов в геофизике. Как показывают спектры, собственное колебание с наименьшей частотой, т. е. с наибольшим периодом, является «футбольным» колебанием ${}_0S_2$. Его средний наблюдаемый период составляет 53,95 минуты. Это поразительно близко к значению 1 час, предсказанному Лявом много лет назад! И вообще наблюдаемые периоды всех

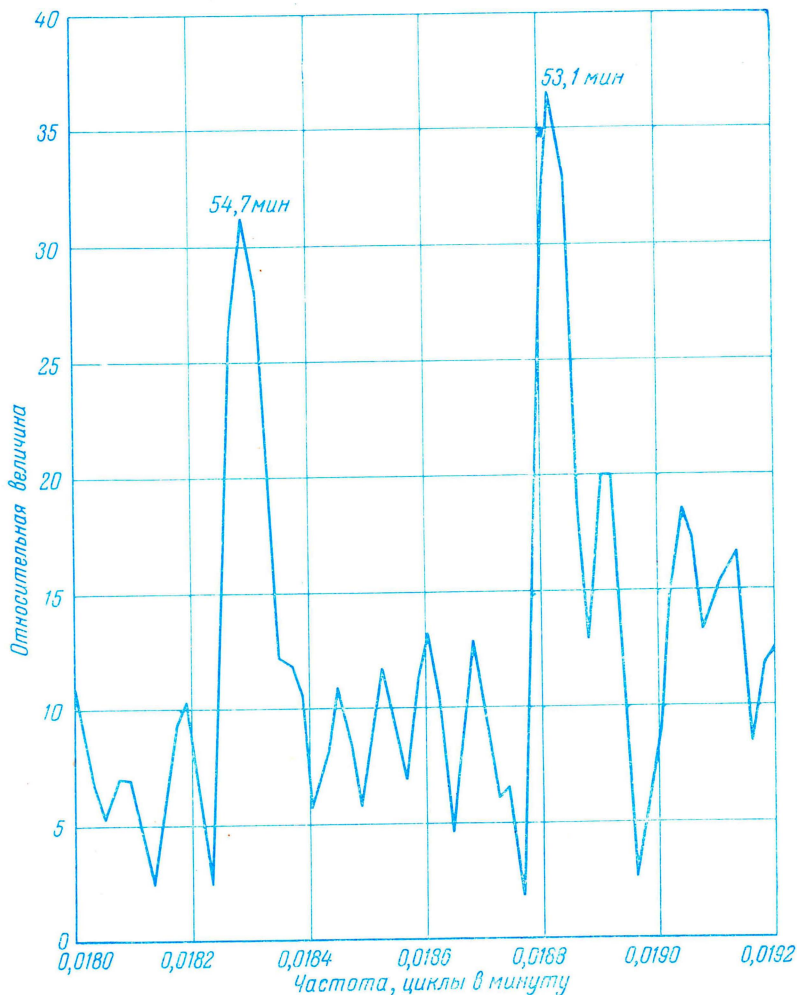


Рис. 11. Анализ с высоким разрешением наинизшего тона σ_{S_2} , обнаруживающий двойной пик

крутильных и сфероидальных тонов весьма близки к теоретически рассчитанным периодам для четырех различных моделей Земли.

В процессе получения спектров с высоким разрешением мы заметили любопытное явление: многие колебания были зарегистрированы не в виде отдельных пиков, а в виде мультиплетов, т. е. очень близких спектральных «линий» (рис. 11). Х. Пеке-

рис (Израиль), а также Ф. Джильберт и Дж. Бэкус (США) показали, что это явление объясняется вращением Земли, в результате которого периоды оказываются зависимыми от долготного индекса m . Вращение планеты нарушает симметрию между волнами, распространяющимися с востока на запад и с запада на восток.

Возбуждение мультиплетов зависит от относительно-

го расположения источника и приемника; на сейсмограмме, записанной, например, на Южном полюсе, никаких мультиплетов не обнаружилось бы. «Вращательное расщепление» мультиплетов представляет большой теоретический интерес, но затрудняет точное экспериментальное определение частот собственных колебаний, что необходимо для исследования внутреннего строения Земли. Для исключения этого эффекта может потребоваться «географическое фильтрование» данных многих станций или даже специальная установка сейсмической станции на Южном полюсе.

Исследование длинных волн и свободных колебаний дало геофизикам новое средство для исследования внутреннего строения Земли и для изучения механизма землетрясений. В настоящее время изучается новая характеристика Земли — мера рассеяния энергии в различных слоях земного шара. В электротехнике и теории упругости такая величина обычно обозначается Q . Эта диссипативная функция является мерой потерь энергии в системе и равна отношению энергии, накопленной в системе, к энергии, рассеянной системой в течение цикла. В технике Q находят по ширине резонансных пиков или по уменьшению со временем амплитуды собственных колебаний. Твердые тела с высокими значениями Q именуются «жесткими». Типичные значения Q составляют: 100 000 для кварца, 1000 для стали, 100—1000 для кристаллических горных пород.

Величину Q можно также определить как «меру идеальности» упругости среды, и для Земли она измеряется шириной пиков в спектре собственных колебаний; в этом случае подходящей мерой может служить также затухание волн Лява и Рэлея при повторных обеганиях имн земного шара.

Используя оба метода, Д. Андерсон и Ч. Арчамбо (США) показали, что возрастание Q с периодом соответствует возрастанию Q с глубиной в пределах мантии (рис. 12). Мы уже знаем, что чем длиннее волна, тем более глубокие части мантии она охватывает. Диссипация в глубоких слоях оказывается поразительно малой, т. е. породы там почти идеально упругие. Значение Q для горных пород увеличивается с давлением, уменьшается с температурой, а также зависит от кристаллического строения пород и их состава. Поскольку и давление и температура возрастают с глубиной, геофизики пытаются сейчас разрешить следующую дилемму. Первая возможность: малые значения Q в верхней мантии свидетельствуют о том, что влияние температуры на этих глубинах оказывается большим, чем влияние давления; в таком случае указанные влияния сменялись бы на гораздо больших глубинах, где значение Q порядка 1000. Второе объяснение: мантия может быть частично расплавленной в зоне пониженных значений Q . Не связаны ли низкие значения Q с малыми прочностями? Малая прочность верхней мантии объясняла бы тогда плавучесть, благодаря которой поддерживаются горы. Она

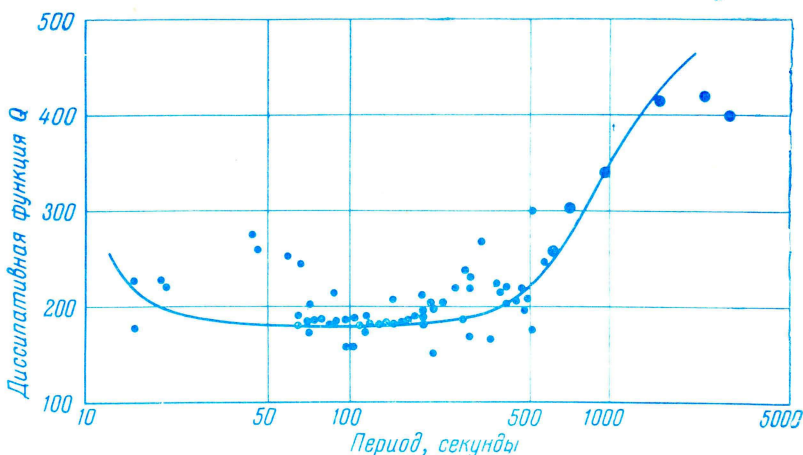


Рис. 12. Диссипативная функция — мера рассеяния энергии в системе. На рисунке значения Q отложены в зависимости от периода волны, определяемого по данным о бегущих (маленькие точки) и стоячих (крупные точки) волнах

объясняла бы также крупномасштабные горизонтальные движения земной коры, на что, как будто, указывают исследования направлений намагниченности горных пород. Более того, зона низких значений Q , по-видимому, совпадает с зоной пониженных скоростей поперечных волн в верхней мантии, на что указывают недавно полученные данные о затухании этих волн.

В чем же причина этого непонятного уменьшения скорости? Возможно, в том, что убывание скорости волн из-за роста температуры попросту происходит значительно быстрее, чем возрастание их скорости вследствие роста давления. С другой стороны, это уменьшение скорости волн могло бы означать, что температура верхней мантии выше, чем предполагалось, и что часть горных пород поэтому расплавилась. Геологи предполагают, что на этой глубине существует зона расплавленных базальтовых пород.

М. Ландисмен и Д. Андерсон предложили использовать данные о свободных колебаниях для получения распределения плотности в Земле. Существующий метод расчета плотности требует произвольных допущений о химическом составе недр Земли и других факторах. По-видимому, когда с помощью собственных колебаний удастся хорошо изучить распределение скоростей волн, можно будет детализировать и распределение плотности в Земле. В современных исследованиях применяются новые приборы и методы, используются данные о распределении скоростей по всей Земле, а также учитываются масса и момент инерции Земли в целом.

Сейсмологам очень хотелось бы узнать, что происходит в источнике землетрясения, например: какова величина разрыва и как быстро он распространяется? Г. Беньофф и А. Бен-Менахем (США) недавно предположили, что землетрясение

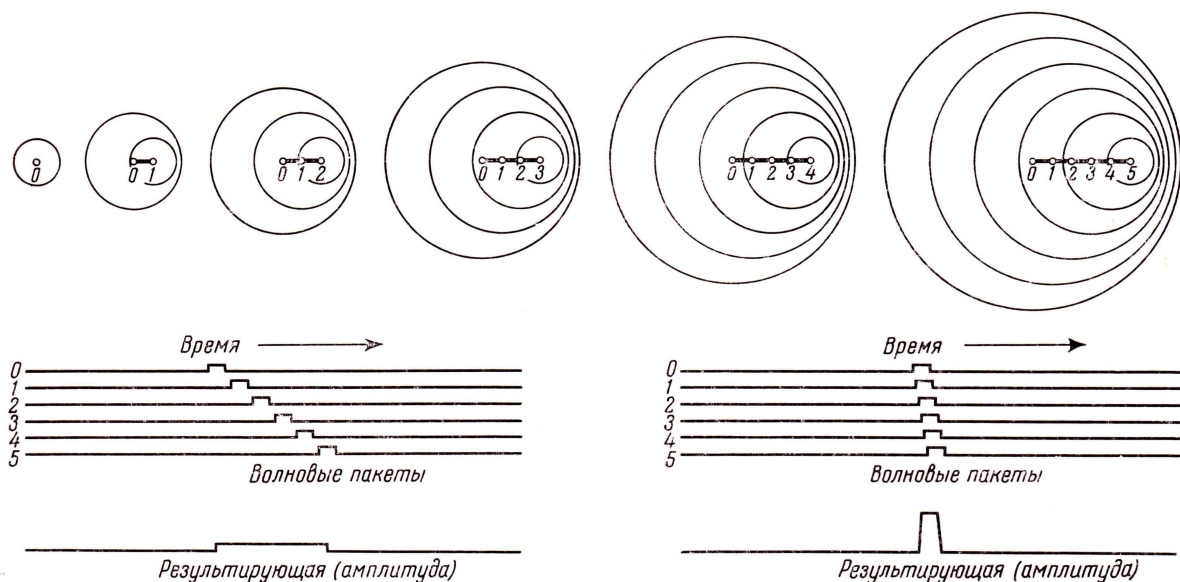


Рис. 13. Асимметричная конфигурация волн, издаваемых при землетрясении по мере образования разрыва. В верхней части рисунка показано, как возбуждаются волны в начальный момент (0) и через пять последовательных равных интервалов времени. Справа внизу — схема записи «волнового пакета» (группы 6 волн) и результирующей (амплитуды) сейсмографом, расположенным в направлении распространения разрыва; слева внизу — схема аналогичной записи прибором на противоположной стороне от эпицентра

можно было бы рассматривать как возмущение, которое, перемещаясь, излучает упругие волны. Возникающая при этом асимметрия картины излучения дает ключ к выяснению протяженности и скорости перемещения разрыва. Датчики на противоположных сторонах разрыва воспринимают различные сигналы по мере распространения разрыва в Земле. На рис. 13 видно, что перед разрывом волны как бы уплотняются: их амплитуды возрастают, а частоты становятся выше. Позади источника амплитуды меньше и волны более длинные. Бен-Менахем решил разделить спектры собственных колебаний, возбуждаемых по обе стороны разрыва: отношение этих спектров будет зависеть от протяженности и скорости «вспарывания» разрыва и поэтому будет их характеризовать.

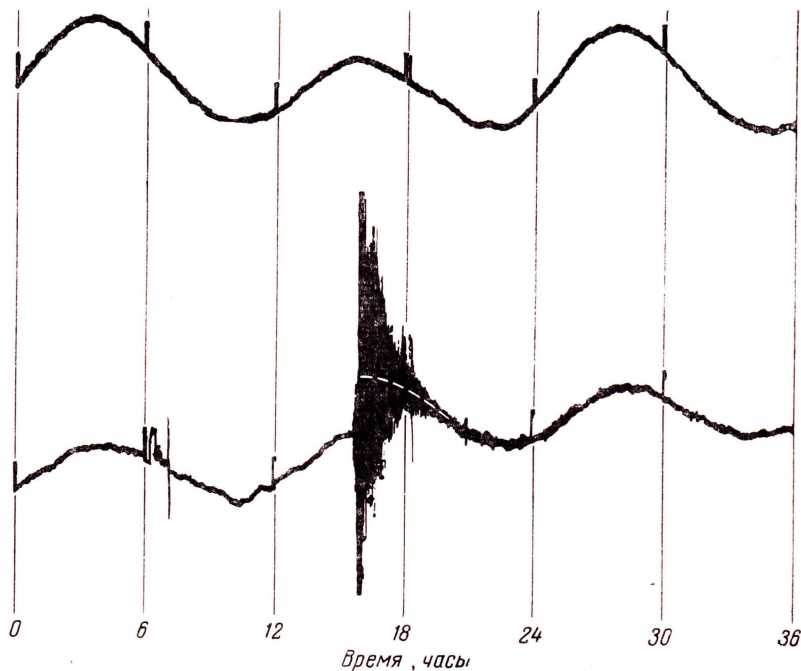


Рис. 14. Остаточное смещение порядка 10^{-8} , записанное стрейн-сейсмографом на Гавайских островах во время Аляскинского землетрясения 1964 г. Синусоидальное движение с 12-часовым периодом вызвано земными приливами. Запись волн от землетрясения «смазана» из-за малой скорости записи. Белый пункт отчетливее выявляет постоянное смещение

вать. Он развил свою гипотезу математически, что позволяет найти протяженность и скорость разрыва для многих землетрясений. Например, в случае Чилийского землетрясения разрыв имел протяженность 750 км и распространялся со скоростью 3,5—4,5 км/сек.

Самые длинные упругие волны, возможные в Земле, — это колебания ${}_0S_2$ с периодом примерно 54 минуты. (В пред-

дверии лунных сейсмических измерений Б. Болт (США) попутно рассчитал, что период того же самого тона для Луны составляет 15 минут.) Существуют также вполне реальные «волны» бесконечно длинного периода — постоянные остаточные деформации Земли после землетрясений. В частности, землетрясение на Аляске вызвало на Гавайях остаточное упругое изменение порядка 10^{-8} . Это изменение очень мало, но поскольку оно обнаружено на расстоянии в несколь-

ко тысяч километров от источника (рис. 14), это должно свидетельствовать об остаточных смещениях порядка сантиметра. Такие эффекты открывают новое поле деятельности в исследовании того, что можно было бы назвать в шутку «сейсмологией нулевой частоты». Они дают реальную надежду на то, что нам удастся понять внутренних механизм землетрясений и выяснить связь землетрясений, образования горных массивов и дрейфа континентов.

СОВЕТУЕМ ПРОЧИТАТЬ

«ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ»

Это оригинальный сборник, посвященный вопросам астрономии, астрофизики, геофизики и космонавтики. Книга выпущена в 1966 г. издательством «Знание» и подготовлена им совместно с Всесоюзным астрономо-геодезическим обществом.

Сборник открывается обзорной статьей профессора Д. Я. Мартынова, посвященной состоянию и основным проблемам современной астрофизики. Профессор В. А. Воронцов-Вельяминов в своей статье о внегалактической астрономии знакомит читателя с результатами своих исследований галактик. О применении законов газовой динамики к изучению космических процессов рассказывает профессор К. П. Станюкович. В статье известного английского астронома Патрика Мура, написанной специально для сборника, обобщен материал многочисленных исследований Луны. Раздел «Вселенная» завершается статьей профессора В. С. Троицкого о радиоастрономических исследованиях Луны советскими учеными.

В разделе «Земля» читатель познакомится со статьями кандидата физико-математических наук М. Г. Крошкина «Геофизика и космос» и кандидата физико-математических наук М. У. Сагитова «Сейсмические и гравиметрические измерения в Антарктиде».



В разделе «Путь в космос» публикуются материалы о психологической подготовке экипажей космических кораблей, о траекториях полетов к Луне, а также о физической сущности явлений «перегрузки» и «невесомости».

В разделе «Гипотезы» обсуждаются происхождение комет, природа знаменитого Красного Пятна на Юпитере, проблема Тунгусского метеорита.

В сборник включены статьи о любительской астрономии в СССР и популяризации астрономических знаний, многочисленные справочные данные, научно-фантастические произведения советских и зарубежных авторов.



КВАЗАР 3С-345

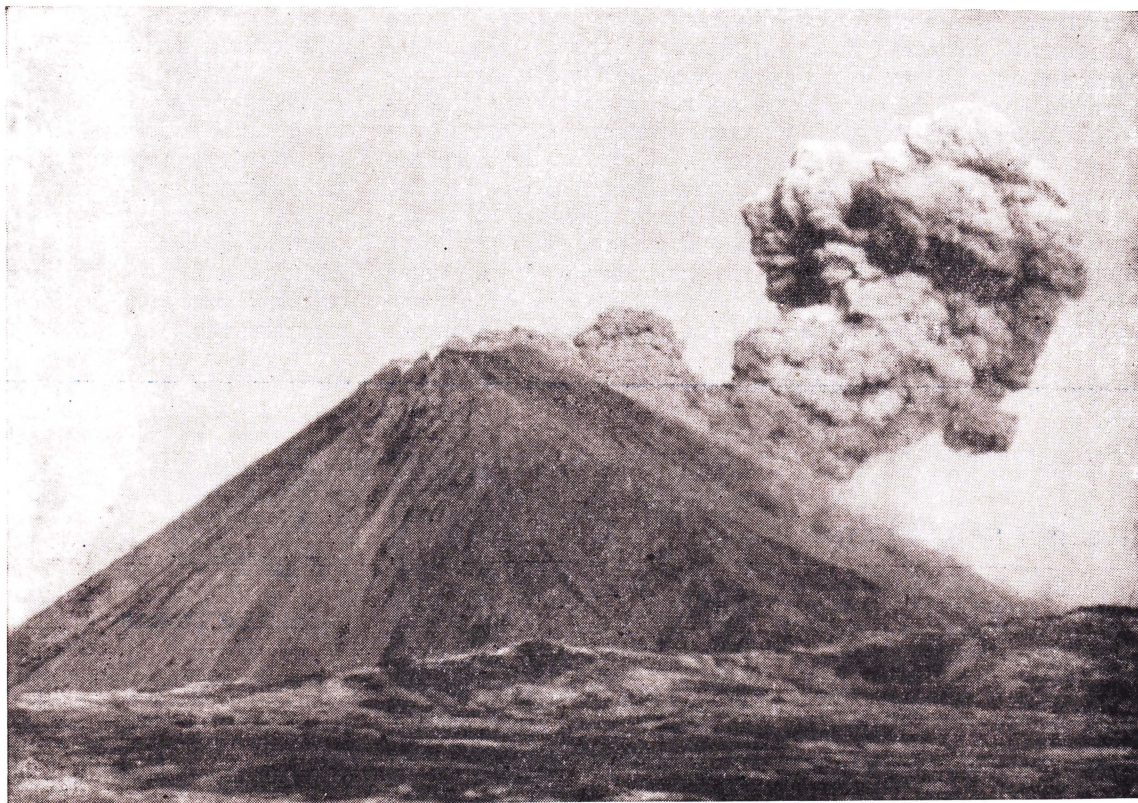
Квazar 3C-345, имеющий координаты $\alpha = 16^h 41^m 18^s,4$ и $\delta = +39^\circ 54' 10''$ (1950,0), был отождествлен в 1965 г. американскими астрономами с умеренно голубой звездой ($16^m, 3$).

Работая на 125-сантиметровом рефлекторе Крымской станции ГАИШ и 260-сантиметровом рефлекторе Крымской астрофизической обсерватории, Э. А. Дибай и В. Ф. Есипов получили спектрограммы квазара 3C-345 в видимой (4000—5800 Å) и красной (5500—7200 Å) областях спектра. Наблюдатели использовали дифракционный спектрограф с дисперсией около 250 Å/мм и электронно-оптический преобразователь.

Отождествив несколько спектральных линий, наблюдатели нашли величину красного смещения (0,6), расстояние до квазара (1800 Mpc) и абсолютную звездную величину при отсутствии поглощения света (-25^m). Сравнение спектров, полученных через одни сутки, указывает на быстрые и существенные изменения физических условий в этом квазизвездном радиоисточнике.

«Астрономический журнал», 44, 1, 1967, 55—57.

Активный вулкан Карымский



Е. Ф. МАЛЕЕВ,
кандидат геолого-минералогических наук

Из 68 действующих вулканов на Камчатке и Курильских островах самые активные — это великан **Ключевской** (4850 м) и почти самый маленький **Карымский**. Абсолютная высота последнего (над уровнем моря) не так уж мала — около 1500 м, но над окружающей местностью он возвышается всего на 800 м. Вследствие того, что

Карымский все время покрывается вулканическим пеплом от непрерывных взрывов, он обладает почти правильной конусообразной формой. Вулкан расположен в центре огромного «цирка», называемого кальдерой. Такой цирк образовался в результате катастрофического взрыва «прародителя» Карымского вулкана, имевшего высоту,

вероятно, 3 км. От него теперь осталась только периферическая каемка вулканической постройки.

Карымский удален от города Петропавловска на 130 км и от побережья Тихого океана на 30 км. Поэтому о его извержениях имеются сведения только за последние 110 лет. За такое короткое время он извергался 28 раз. Наиболее хорошо изучено активное состояние

На фото вверху — вулкан Карымский в августе 1966 г.

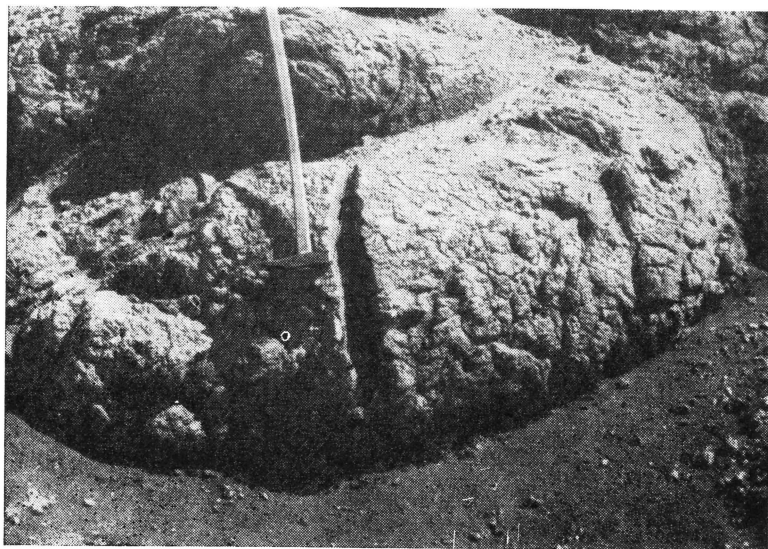
вулкана в 1962—1963 гг. сотрудниками Института вулканологии Сибирского отделения Академии наук СССР Б. В. Ивановым, И. Т. Кирсановым, М. В. Федоровым и другими. В этот период наряду с излиянием лавовых потоков различного типа появилась интенсивная **эксплозивная** (взрывная) деятельность вулкана. При этом **эруптивные** (изверженные) облака часто имели форму атомного «гриба».

Продукты извержения Карымского — наиболее кислые из всех лав, изверженных действующими вулканами Камчатки. Это — **андезито-дациты**, в которых содержится относительно большое количество кремнезема и малое — железа и магния. Из-за кислого состава лава обладает большой вязкостью. В результате происходит образование **глыбовых лав**. В них жидкая лава находится только в средней части потока, а его поверхность и нижняя часть сложены глыбами, поперечники которых превосходят 1—2 м. В отдельные моменты извержения Карымского вулкана изливались лавы, сильно насыщенные газами. От этого они становились менее вязкими и более подвижными.

Очень интересен жидкий лавовый поток, излившийся в начале 1963 г. на толстый слой снега. В процессе излияния во фронтальной части потока отрывались отдельные куски полужидкой лавы и, приобретая шарообразную форму, скатывались по склону. В дальнейшем они сплющивались, охлаждались, образуя «подушки» диаметром от 2 до 10 м и толщиной 1—2 м. По форме этих тел такие лавы получи-



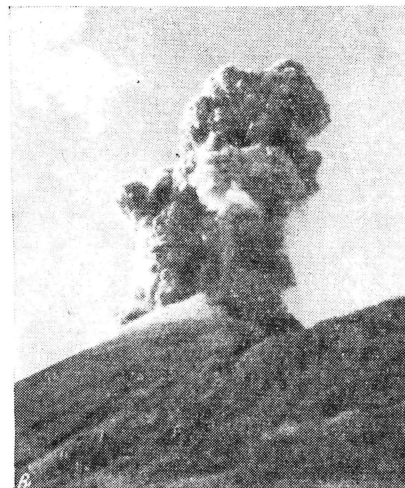
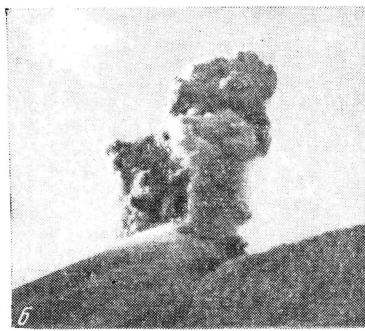
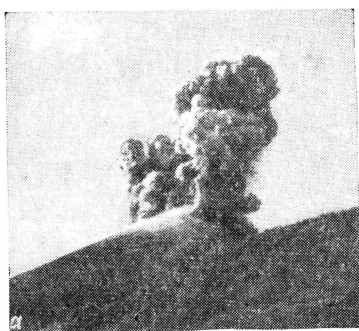
Поверхность глыбовой лавы



Подушкообразная лава

ли название **подушечных**. Однако до этого извержения считалось, что подушечные лавы, очень распространенные среди древних вулканических пород, могут образовываться только под водой.

С образованием наземных подушкообразных лав был решен и другой важный вопрос. Раньше считалось, что кислые породы дают вязкие лавы, а основные — жидкие. Здесь же оказалось, что лавы



Взрыв, сопровождающийся раскаленными лавинами (последовательные фазы)

одного состава могут быть вязкими или жидкими, в зависимости от насыщенности их газами. Установление особого типа подушкообразных лав имеет и практическое значение, так как с древними образованиями такого типа (но подводного происхождения) связаны месторождения исландского шпата и агата. Поэтому при поис-

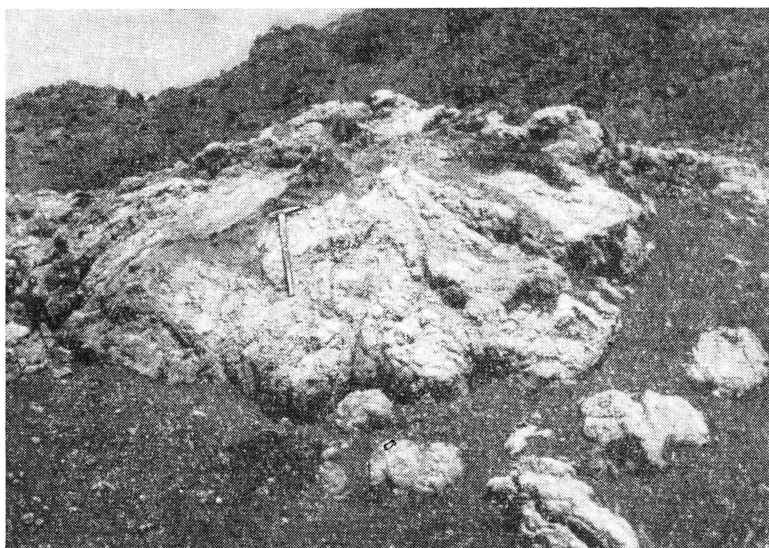
ках исландского шпата важно определить, к какому типу относятся лавы.

Тогда же, в начале 1963 г., извергались своеобразные **агломератовые потоки**. В отличие от сплошного лавового потока — это масса, состоящая из отдельных образований очень пористой лавы 1—2 м в поперечнике. Состав агломератовых потоков

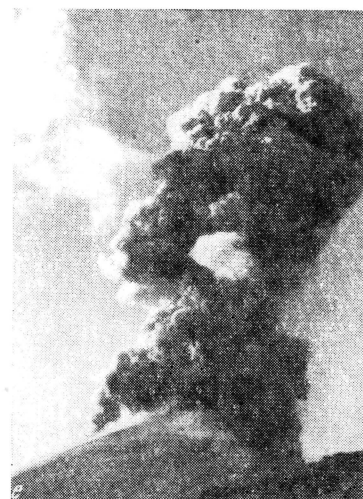
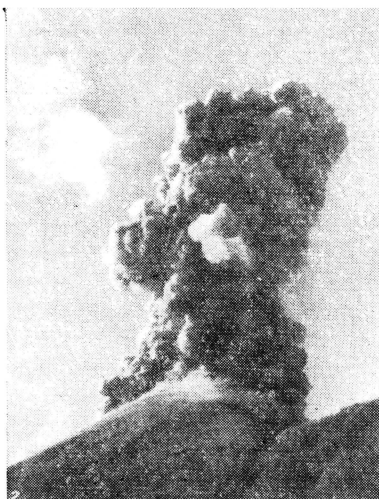
такой же, как и лавовых: это — промежуточное образование между лавами и выбросами пирокластического (обломочного) материала.

Излияние лавовых потоков сопровождалось взрывной вулканической деятельностью с выбросами вулканического пепла и шлаков. В течение дня происходило до 70 взрывов, причем иногда по 7—10 в час. Во время такого взрыва из кратера выбрасывалось черное от насыщения пеплом газовое облако. Высота облака обычно достигала 0,6—1 км, а в 2—3 случаях — даже 2,5—3 км. При взрывах Карымского очень часто возникали облака грибовидной формы, как при атомном взрыве. Поверхность облаков своим видом напоминала цветную капусту.

Взрыв наибольшей силы произошел 11 мая 1963 г. Взрывное облако достигло высоты 10 км. В районе вулкана выпал пористый шлак, который покрыл толстым слоем лавовые потоки — на 1 м² поверхности выпало около 150 кг шлака. В Петропавловске-Камчатском, рас-



Агломератовый поток



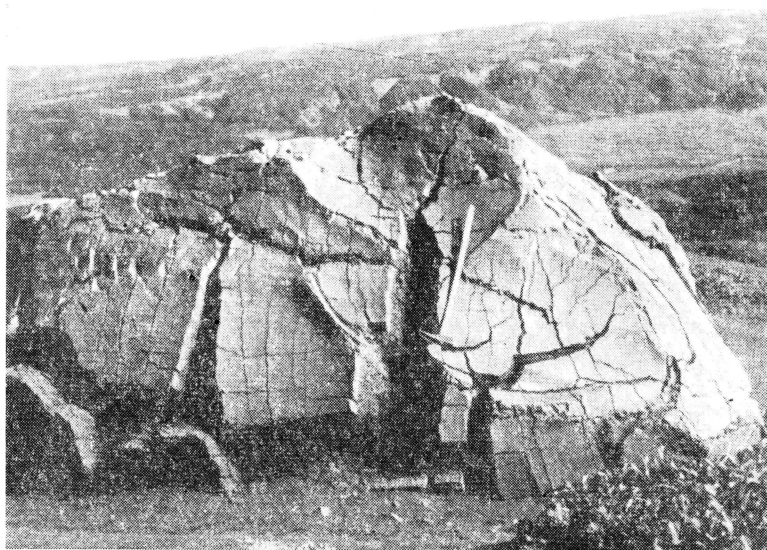
положенном в 130 км южнее вулкана, серый пепел выпал слоем 1,5—2 мм, т. е. $0,3 \text{ кг/м}^2$, а в 350 км на юг от вулкана — 7 г/м^2 . При сильных взрывах выбрасывались крупные бомбы и спускались раскаленные лавины. После наиболее сильного взрыва активность вулкана стала снижаться, но иногда изливались лавовые потоки. Сильные взрывы стали редкими, а в последние два года для вулкана сделались характерными бесшумные выбросы газов с пеплом высотой 300—500 м, редко до 1 км.

В августе 1966 г. режим вулкана внезапно изменился. Вместо 40—60 происходило 1—2 взрыва в сутки. Но сила их резко возросла. Наблюдалось три типа взрывов: 1) взрывы, сопровождающиеся раскаленными лавинами; 2) косые взрывы и 3) многократные взрывы.

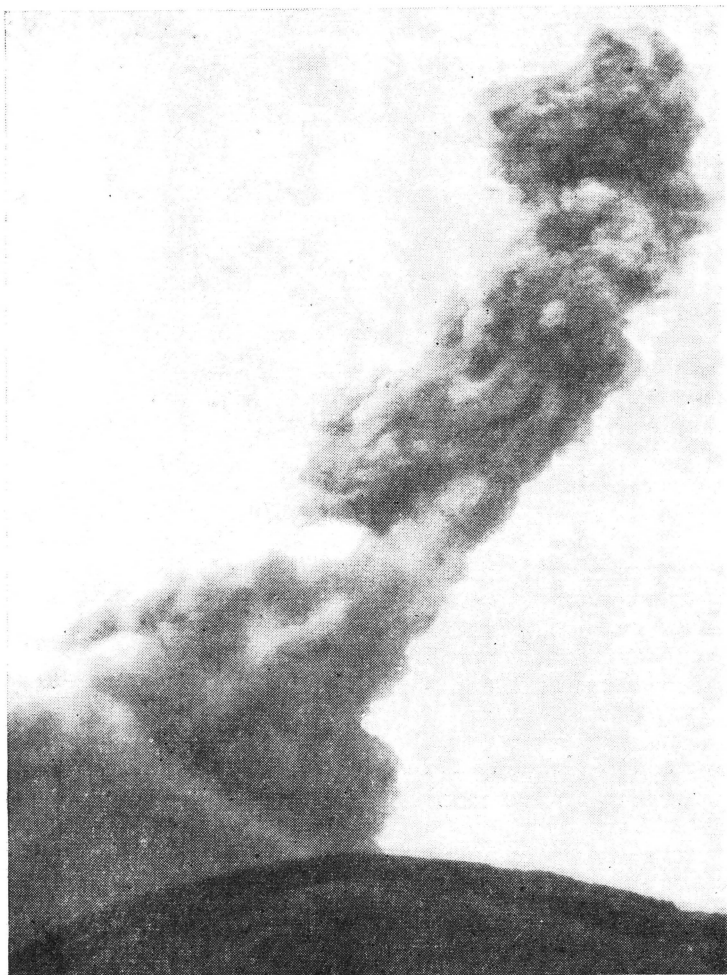
При взрывах первого типа выбрасывалось эруптивное облако на высоту до 3 км над кратером. Одновременно по склону вулкана спускался поток раскаленных глыб с мелким пепловым материа-

лом и газами. Днем можно было видеть, как зловещее черное облако наращивалось, подталкиваемое вверх все новыми взрывами, и агрессивно прорывало ажурные белые кружева облаков, нависшие над вулканом. По склонам его в это время с колоссальной быстротой неслись раскаленные лавины, опережаемые взрывной газо-

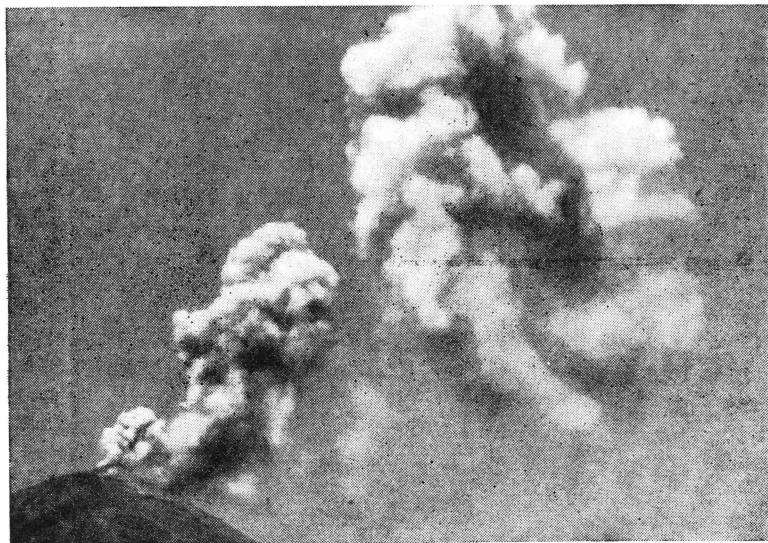
вой волной. Но затем газовую волну, покрывавшую $\frac{1}{3}$ или $\frac{1}{2}$ конуса, снова обгоняли крупные глыбы и бомбы типа хлебной корки. Ночью эруптивное облако не было видно, зато хорошо было наблюдать раскаленные лавины, состоявшие из глыб и ярко-красных вулканических бомб с размерами более 3 м и температурой около 800° .



Вулканическая бомба типа хлебной корки весом около 5 т



Косой взрыв 19 августа 1966 г.



Многократный взрыв 15 августа 1966 г.

Крупные бомбы выбрасывались над кратером на высоту до 300 м, а затем, «прыгая» по склону, спускались к его подножию, оставляя на своем пути вмятины до 1 м глубиной. Взрывы сопровождались грохотом падающих глыб, подобным мощному артиллерийскому залпу, шипением и шелестом катящихся по склону мелких обломков.

Наиболее сильный «выстрел» можно было слышать 19 августа в 20 часов 50 минут местного времени, когда произошел косой взрыв под углом примерно 60° к горизонту. Небольшое черное эруптивное облако очень быстро взвилось ввысь и на некоторое время застыло, а затем начало рассеиваться.

Самый интересный многократный взрыв наблюдался 15 августа в 12 часов 13 минут, когда в течение 27 минут произошел 31 взрыв! Первые три взрыва следовали через 2—3 минуты. Эруптивные тучи были насыщены пеплом и имели черный цвет. Они поднялись примерно на 500 м. Затем последовали 8 более мелких взрывов, давшие тучи, высотой около 200 м, серого цвета — в них было меньше пепла. А заключительные 20 взрывов с тучами высотой 150—200 м имели почти белый цвет.

В третьей декаде августа взрывы стали чаще, но слабее. Эруптивные тучи, как правило, не превышали 500 м. Прекратились взрывы с раскаленными лавинами, при извержении грохота не было, а слышалось только шипение. Общая взрывная энергия, распределившись на серию мелких взрывов, не могла уже дать сильных.

Изучение извержений вулканов интересно не только

сопровождающими их динамическими явлениями. В процессе извержения с больших глубин поднимается первичный магматический материал, который невозможно по-

лучить каким-либо иным путем, даже сверхглубоким бурением. Это позволяет узнавать состав глубочайших горизонтов земной коры и подстилающей ее верхней ман-

тии. Одновременно исследуются закономерности формирования горных пород вулканического происхождения, что имеет большое практическое значение.



НОВЫЙ ПРОРЫВ ПОБОЧНЫХ КРАТЕРОВ НА СКЛОНЕ КЛЮЧЕВСКОГО ВУЛКАНА

2 октября 1966 г. появились первые серьезные предвестники возможного начала нового извержения Ключевского вулкана. Сейсмические станции Института вулканологии Сибирского отделения Академии наук СССР стали фиксировать сильные близповерхностные землетрясения с эпицентром на его северном склоне. 6 октября в 8 часов утра по местному времени возникла группа побочных кратеров, названная прорывом имени Б. И. Пийпа (в честь покойного директора Института вулканологии, члена-корреспондента АН СССР Бориса Ивановича Пийпа, скончавшегося в марте 1966 г.).

Новая группа кратеров образовалась в труднодоступном районе на высоте 1800—2000 м. Ее протяженность около 1 км. Этот прорыв представлял собой цепочку из 7—8 кратеров, расположенную по касательной относительно главного кратера Ключевского вулкана. Самый верхний кратер характеризовался почти постоянной эксплозивной (взрывной) пепловой деятельностью, самый нижний — в течение всего времени извержения непрерывно изливал лаву. Остальные кратеры проявляли периодическую эксплозивную деятельность с интервалами покоя от 1—2 минут до 1 часа и активной стадией 15—50 секунд.

В нижнем кратере наблюдалось 2 участка, где происходило непрерывное фонтанирование лавы (см. фото на первой странице обложки). Лава около устья кратера была достаточно жидкая и

подвижная. Скорость ее движения составляла 300—400 м/час. Температура потока 1050°С. Состав лав базальтовый.

Если в первые дни извержения средняя мощность лавового потока составляла 2—5 м, то в последующие дни она увеличилась местами до 15—20 м. К концу ноября длина лавового потока превысила 10 км, было излито 60—100 млн. м³ лавы и выброшено 10—20 млн. м³ пепла, шлаков, бомб. Пепловый материал разносился на расстояние 20—30 км, а крупные бомбы — до 1200 м. В декабре деятельность побочных кратеров пошла на убыль, и 27 декабря 1966 г. извержение прекратилось.

Подобного извержения не было на Ключевском вулкане с 1945 г.

И. И. ГУЩЕНКО,
кандидат
геолого-минералогических наук

«ОКАМЕНЕЛЫЙ» МАГНЕТИЗМ И ГИПОТЕЗЫ ДРЕЙФА КОНТИНЕНТОВ И РАСШИРЕНИЯ ЗЕМЛИ

Древние магнитные поля оставили своеобразные «отпечатки», подобные отпечаткам на камнях организмов, живших миллионы лет назад. Это — естественная остаточная намагниченность гор-

ных пород, так сказать, «окаменелый магнетизм», называемый обычно палеомагнетизмом, или археомагнетизмом (см. С. П. Бурлацкая, Т. Б. Нечаева, Г. Н. Петрова. Что такое археомагнетизм, «Земля и Вселенная», № 3, 1966 г.).

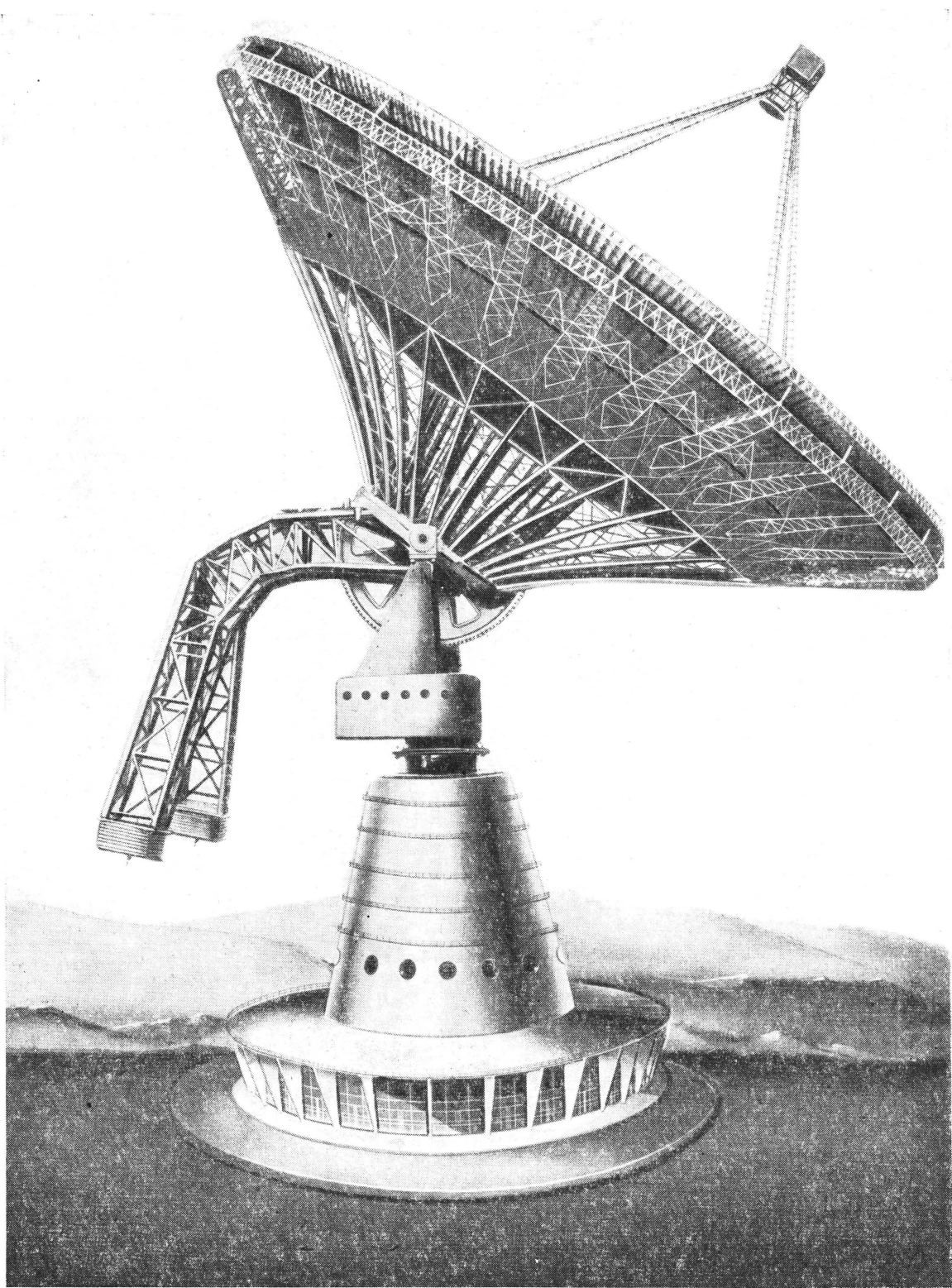
В последние годы резко увеличился объем палеомагнитных исследований и заметно повысилось их качество. Наибольшее внимание при этом уделяется эпохам позднего палеозоя (310—185 млн. лет назад) — одного из наиболее интересных и важных этапов в эволюции Земли как планеты. Он характеризовался резким усилением вулканической активности, существенными климатическими изменениями, ускорением биологической эволюции по сравнению с более ранними эпохами.

А. Н. Храмов, проведя анализ мировых палеомагнитных данных последних лет, пришел к выводу, что вся сумма этих данных может быть объяснена, если допустить существование дрейфа континентов. Необходимость привлечения этой гипотезы, по словам автора, становится очевидной, если сравнить палеомагнитные и палеоклиматические данные.

В последнее время обсуждается также гипотеза расширяющейся Земли. В частности, А. Н. Храмов сообщает, что некоторые ученые пытаются оценить предполагаемые изменения земного радиуса и по палеомагнитным данным, в том числе и для позднего палеозоя.

Следует, однако, отметить, что обе гипотезы находят мало сторонников среди советских ученых.

«Известия АН СССР», серия «Физика Земли», 1, 1966.



Конструкции современных радиотелескопов

А. Г. СОКОЛОВ,
доктор технических наук

Немногим более 20 лет назад астрономы начали исследовать радиоизлучение Вселенной. Были созданы новые инструменты — радиотелескопы и появился новый раздел астрофизики — радиоастрономия. Эта статья посвящена радиотелескопам, позволившим сделать революционные открытия в астрофизике.

Оптические телескопы применяются уже около 350 лет. Все это время их конструкции непрерывно совершенствовались. Современные оптические телескопы — сложные дорогостоящие инструменты, для создания которых используются последние научные и технические достижения. Процесс совершенствования радиотелескопов происходит значительно более бурными темпами: всего лишь за 20 лет радиотелескопы превратились в сложные инженерные сооружения грандиозных размеров (рис. 1), внешний вид которых во многих случаях весьма далек от того, что до сих пор связывалось с привычным понятием «телескоп». Основная часть радиотелескопа — антенное устройство, работающее в самом коротком диапазоне радиоволн — метровом, дециметровом, сантиметровом и миллиметровом. Главное «зеркало» радиотелескопа — его антенна — улавливает радиосигналы из Космоса и направляет их в приемное устройство. Формы зеркал различны.

При параболическом главном зеркале приемное устройство может располагаться в фокусе параболы (рис. 2а, слева) или вне его. В последнем случае необходимо специальное вспомогательное зеркало меньшего размера, которое отражает полученные сигналы в приемное устройство (рис. 2б, слева). Если главное зеркало сферической формы, то вспомогательное зеркало применяет-

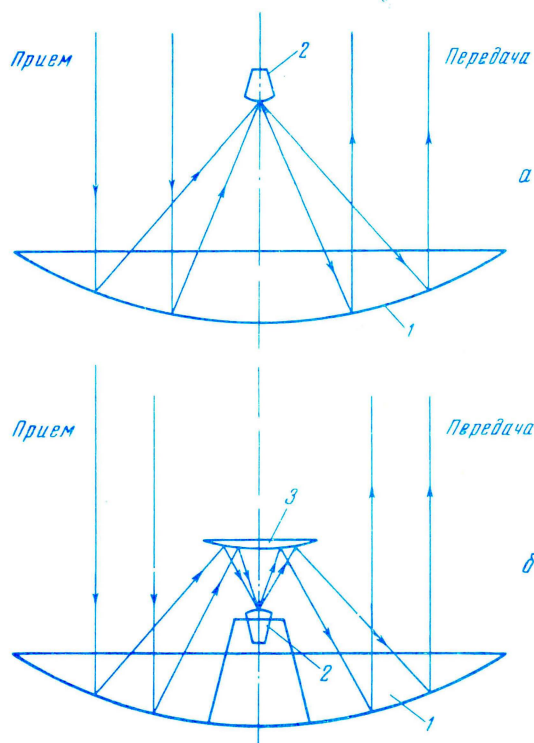


Рис. 2. Схема работы параболического зеркала радиотелескопа. 1 — главное зеркало, 2 — приемное устройство, 3 — вспомогательное зеркало

ся обязательно. Собранные в приемном устройстве радиоволны передаются по энергетическим трактам к аппаратуре, которая усиливает и записывает полученные сигналы.

Радиотелескоп можно использовать и для передачи сигналов с Земли в Космос (рис. 2, справа).

Чем больше площадь главного зеркала, тем больше энергии оно улавливает. Поэтому при конструировании радиотелескопов

Рис. 1. Макет радиотелескопа. Диаметр параболического зеркала 100 м

стремятся максимально увеличить площадь главного зеркала. По радиотехническим соображениям предельная площадь зеркала радиотелескопа составляет примерно 10^5 м^2 .

К форме поверхности зеркала (а в конструкциях с несколькими зеркалами и к взаимному их положению) предъявляются очень жесткие требования. Дело в том, что если поверхность зеркала или положение приемного устройства отклоняется от теоретического, эффективность приема снижается (радиоволны придут со смещением фаз). Допустимое отклонение поверхности зеркала — всего лишь 0,1 рабочей длины волны радиотелескопа. Например, при работе в диапазоне радиоволны 1 см, суммарные допустимые отклонения 1 мм.

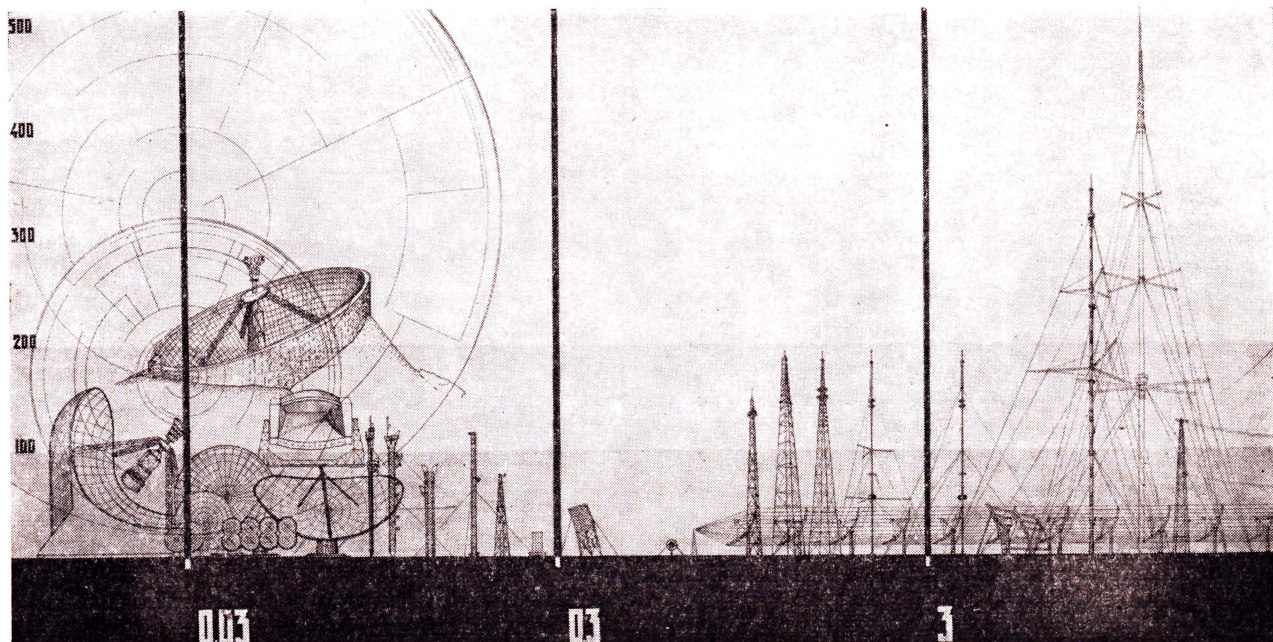
Для очень больших радиотелескопов, работающих в сантиметровом диапазоне, отклонения поверхности зеркала от теоретической в процессе эксплуатации (при вращении его и метеорологических воздействиях) также не должны превышать 0,1 рабочей длины волны, что соответствует 10^{-5} их наибольшего размера. Хотя размеры радиотелескопов, как это показано на рис. 3, не уступают, а во многих случаях и превосходят основные размеры наибольших стационарных антенн, используемых в радио-

вещании, телевидении, релейной связи, для стационарных антенн максимальные отклонения ограничиваются всего лишь 10^{-3} от их наибольшего размера.

Угловые размеры большинства космических радиоисточников очень малы. Чтобы исследовать радиоизлучение такого объекта, необходимо точно направить радиотелескоп на него и точно следовать за излучающей областью. Чем больше диаметр зеркала инструмента при данной рабочей длине волны, тем более узкую область на небесной сфере он может исследовать. Поэтому крупные радиотелескопы с высокой точностью должны сохранять свое положение в пространстве. У отдельных радиотелескопов допустимые отклонения от теоретического положения в пространстве не превосходят нескольких секунд.

Наведение на объект, автоматическое перемещение зеркала по заданной программе, а также коррекция формы зеркал и их взаимного положения осуществляется с помощью автоматики, которая играет исклю-

Рис. 3. Изменение геометрических размеров различных антенных устройств (в том числе и радиотелескопов) в зависимости от рабочей длины волны. По оси ординат отложены размеры в метрах, по оси абсцисс — длина волны в метрах



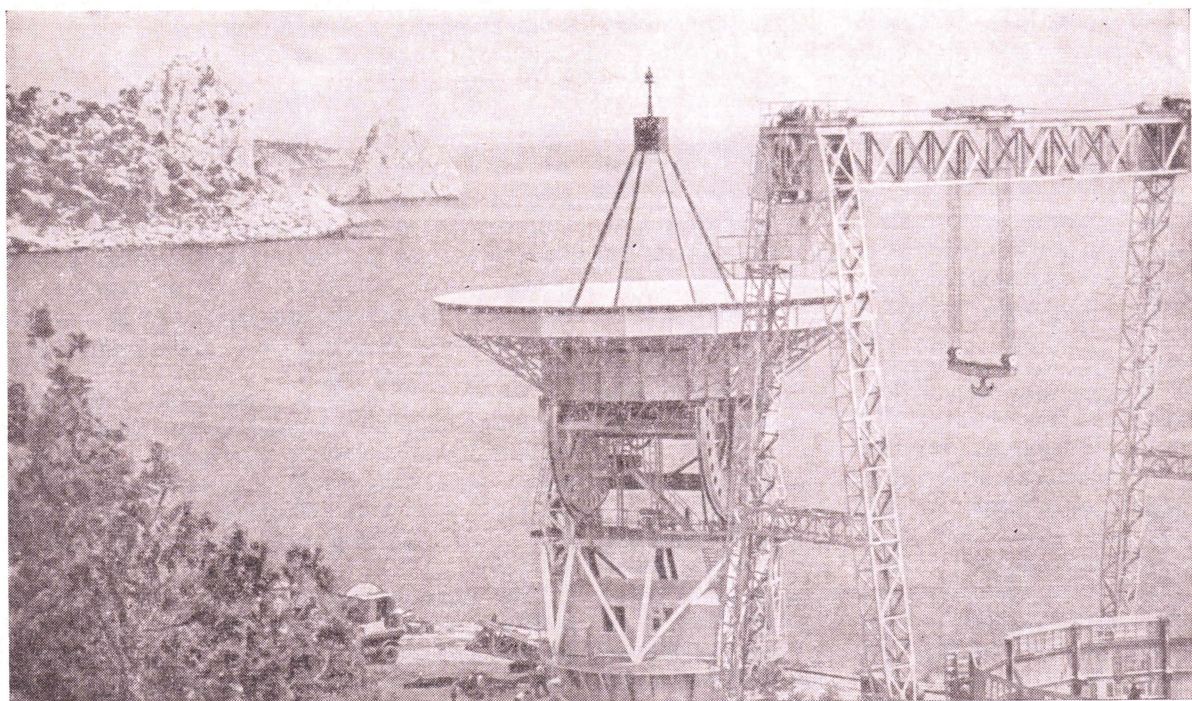
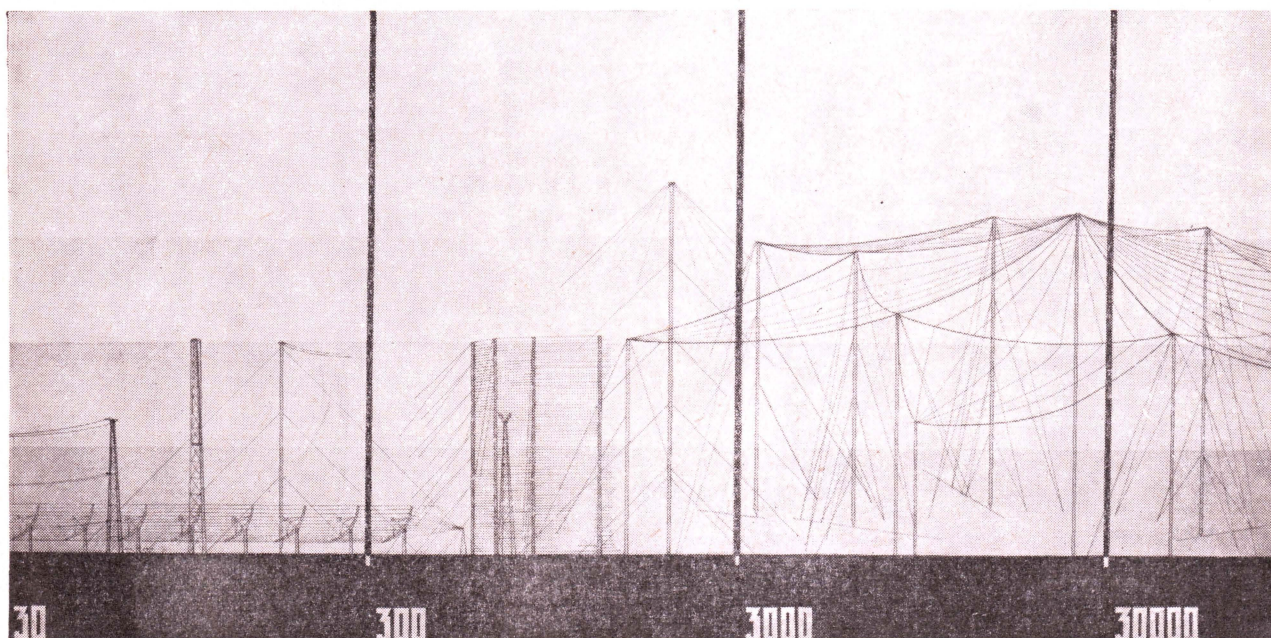


Рис. 4. Новый уникальный радиотелескоп Крымской астрофизической обсерватории, предназначенный для работы в сантиметровом диапазоне длин волн. Диаметр параболической антенны 22 м



чительную роль в некоторых конструкциях современных радиотелескопов.

Эффективность работы радиотелескопа сильно зависит от метеорологических условий. Чтобы устранить влияния ветра и температуры, радиотелескоп иногда помещают под специальные радиопрозрачные укрытия. Правда, эти укрытия не абсолютно радиопрозрачны, поэтому их применяют в первую очередь для радиотелескопов, которые должны работать при любых метеорологических условиях. Радиопрозрачные укрытия бывают жесткого типа и гибкие. В последнем случае внутри укрытия необходимо поддерживать избыточное (по сравнению с внешним) давление.

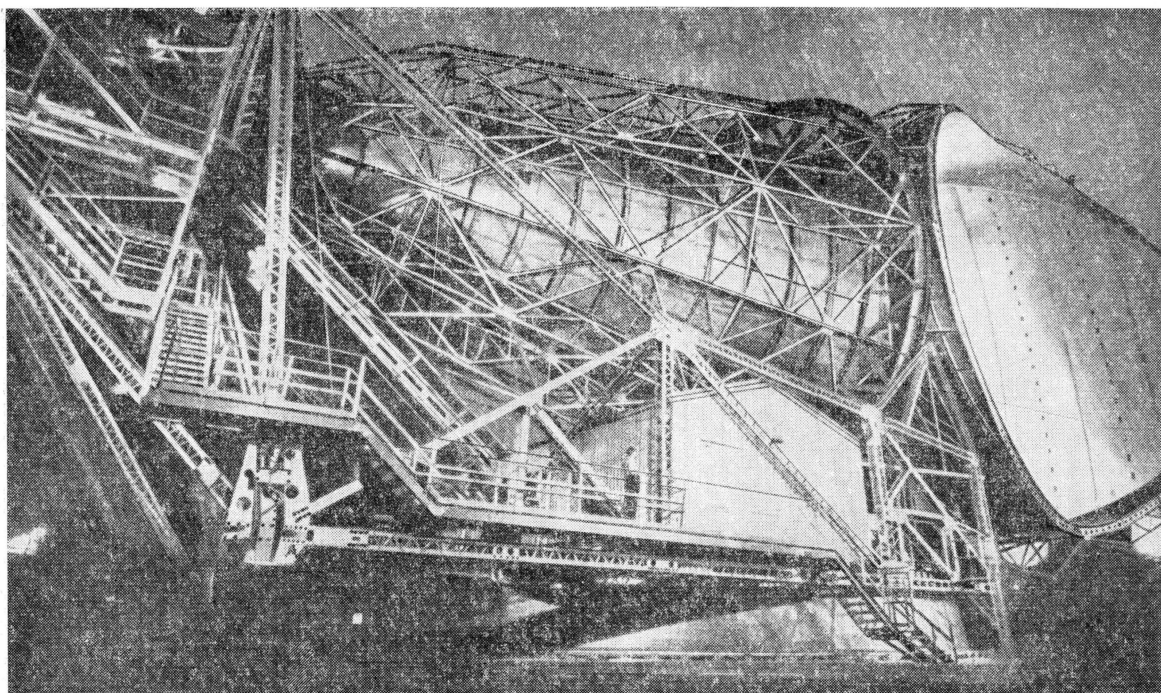
В радиотелескопах используются однозеркальные (рис. 2а, 4, 5, 6) или многозеркальные (рис. 2б) схемы. Преимущество многозеркальных схем — уменьшение длины коммуникаций, служащих для транспортировки энергии. Это значительно снижает потери энергии. Но в многозеркальных схемах, в отличие от однозеркальных,

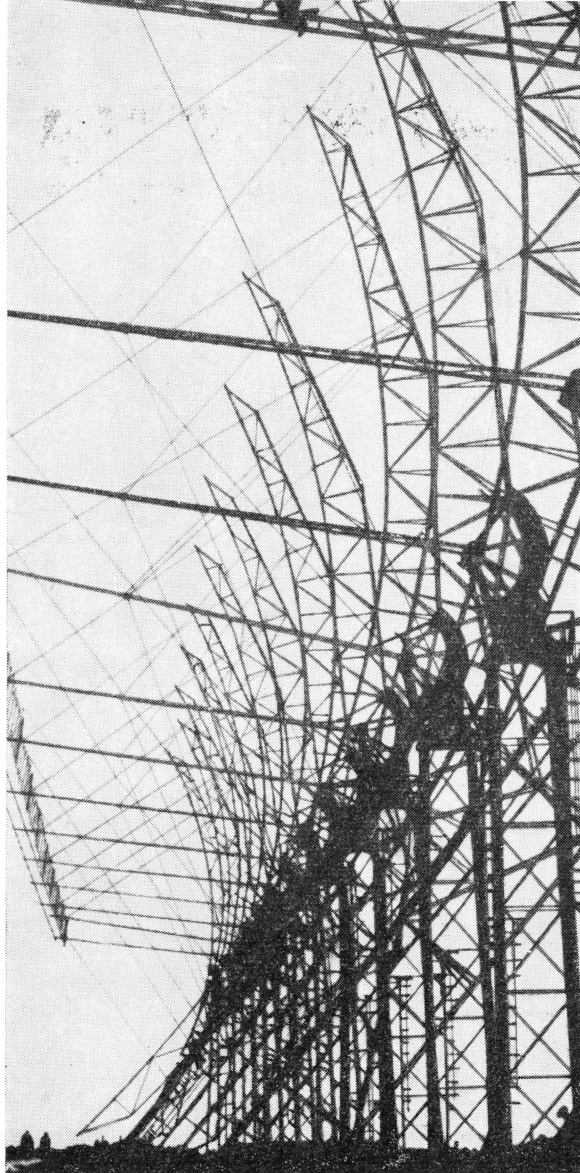
применяются дополнительные жестко связанные отражающие поверхности. И если в радиотелескопах, выполненных по однозеркальной схеме, искажения зависят только от величины отклонений в одном зеркале, то в многозеркальных схемах искажения возрастают в результате суммирования отклонений в малых зеркалах. Итак, в однозеркальной схеме по сравнению с многозеркальной потери энергии велики, но если в многозеркальной схеме сильно усложняется конструкция, выбирают однозеркальную схему.

Кратко остановимся на некоторых типах современных радиотелескопов. Весьма распространена система, известная под названием «крест Миллса». Радиотелескоп такого типа построен Физическим институтом АН СССР. Длина его плеча около 1 км (рис. 7).

Нередко применяются неподвижные радиотелескопы, зеркало которых поворачивается только по высоте, а перемещение его по азимуту осуществляется за счет вра-

Рис. 5. Рупорно-параболическая антенна (США) под радиопрозрачным укрытием. Длина антенны — 55 м, диаметр отверстия — 20 м





щения Земли. Такой радиотелескоп установлен в Нансэй (Франция) (рис. 8).

Радиотелескоп оригинальной конструкции строится под Харьковом Институтом радиофизики и электроники АН УССР (рис. 9). Этот Т-образный инструмент, работающий в диапазоне 18—30 м, занимает площадь примерно 2000×1000 м. Он состоит из 1440 вибраторов, расположенных в направлении север — юг, и 600 вибраторов — в направлении запад — восток. Несмотря на столь большие размеры, конструктивное решение вибраторов не вызвало затруднений, поскольку они неподвижны, а диапазон волн, на которых работает радиотелескоп, достаточно велик, и допустимые отклонения — 1,8 м (0,1 рабочей длины волн).

В последнее время инженеры стремятся использовать природные условия при строительстве радиотелескопов. Сферическое зеркало радиотелескопа в Аресибо (остров Пуэрто-Рико) сооружено в естественном котловане. Диаметр зеркала — 300 м. Радиотелескоп работает в метровом диапазо-

Рис. 7. Крестообразная антенна Физического института АН СССР

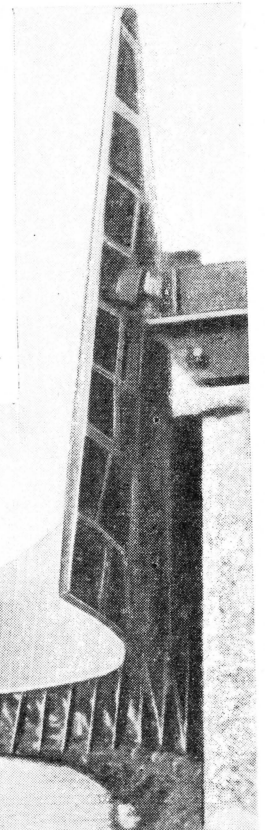
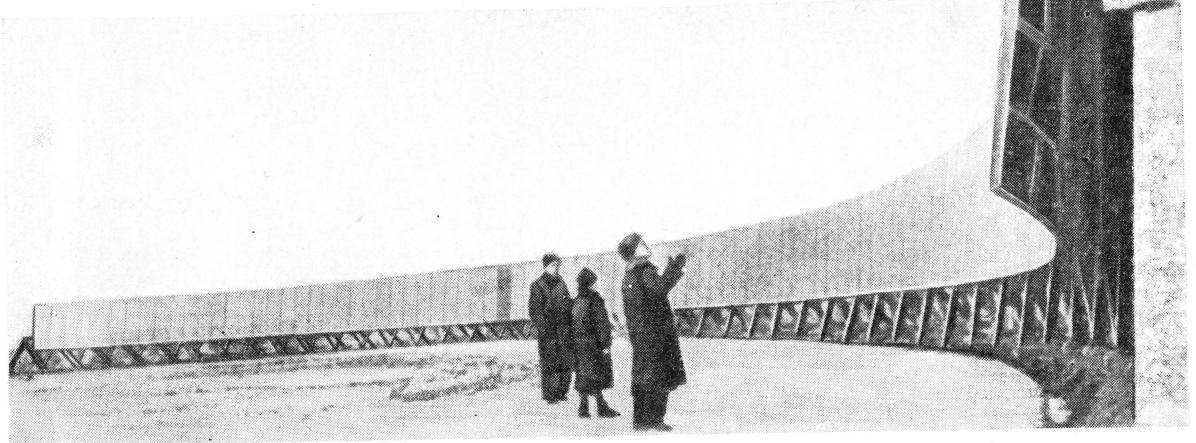


Рис. 6. Радиотелескоп системы С. Э. Хайкина и Н. Л. Кайдановского, установленный в Пулковской обсерватории (кольцевая высечка из параболоида)



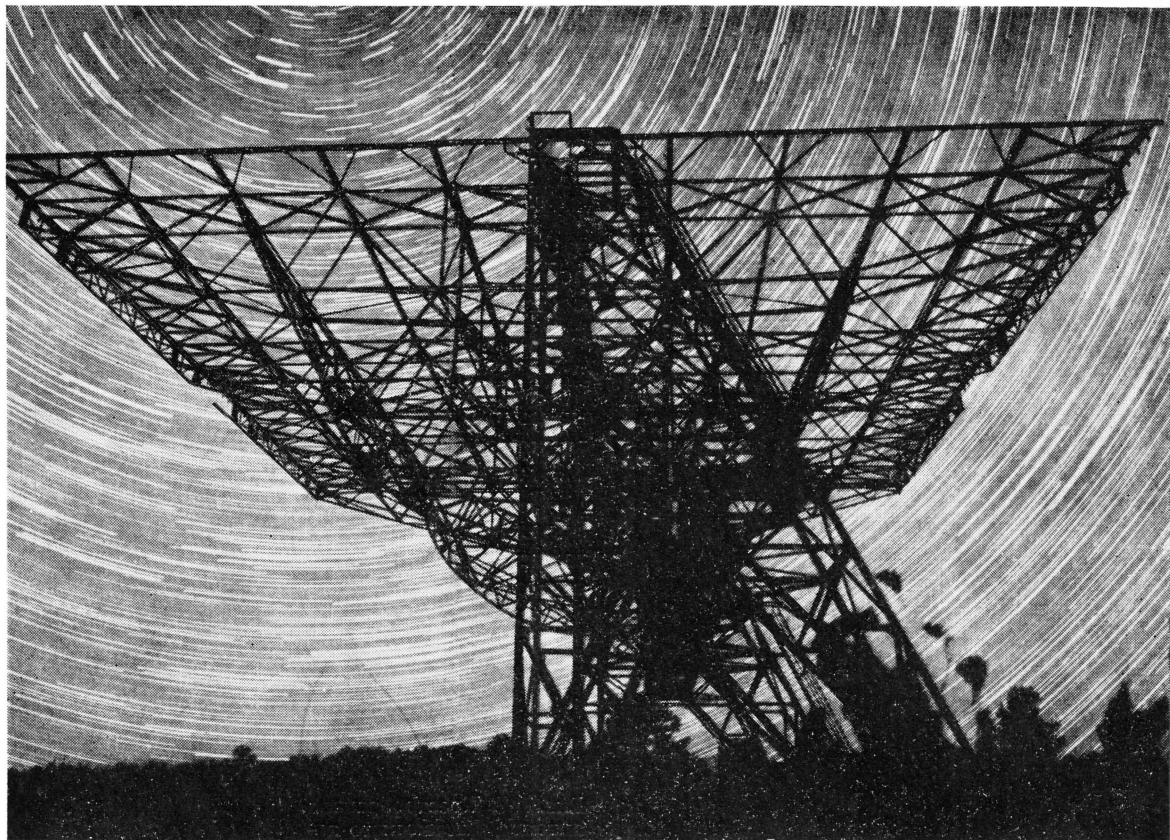


Рис. 8. Радиотелескоп с плоским зеркалом (перископический тип), установленный в Нансэй (Франция). На фотографии видны бесчисленные следы, которые за время трехчасовой экспозиции оставили на фотопластинке звезды

не длин волн. Известен проект двухзеркального радиотелескопа в земляной чаше для Бюраканской астрофизической обсерватории (см. рисунок на 3-й странице обложки нашего журнала № 2, 1967 г.). При диаметре сферического зеркала 200 м этот весьма совершенный радиотелескоп должен уверенно работать без потерь эффективной площади в диапазоне 10 см, а при некоторой ее потере — в диапазоне 3 см. Заметим, что эффективная площадь меньше геометрической в крупных сферических радиотелескопах со стационарным большим зеркалом. Это объясняется тем, что при изменении положения источника на небесной сфере приемное устройство поворачивается относительно неподвижного зеркала, и каждый раз используется лишь часть его общей площади.

Иногда для выполнения определенных частных задач, связанных, например, с периодическим сближением планет, приходится строить телескопы в сжатые сроки. Так, в конструкции восьмизеркальной антенны (рис. 10) использованы ранее разработанные поворотные механизмы и некоторые другие элементы.

Разработка, освоение и наладка радиотелескопов — увлекательная научная и инженерная задача, в решение которой вовлечены массы высококвалифицированных специалистов. Романтика этой работы привлекает людей всех возрастов, которые трудятся самоотверженно и с огромным увлечением.

Стоимость современных больших радиотелескопов — десятки миллионов рублей. Сооружение их весьма ощутимо даже для бюджетов наиболее развитых стран. Имен-

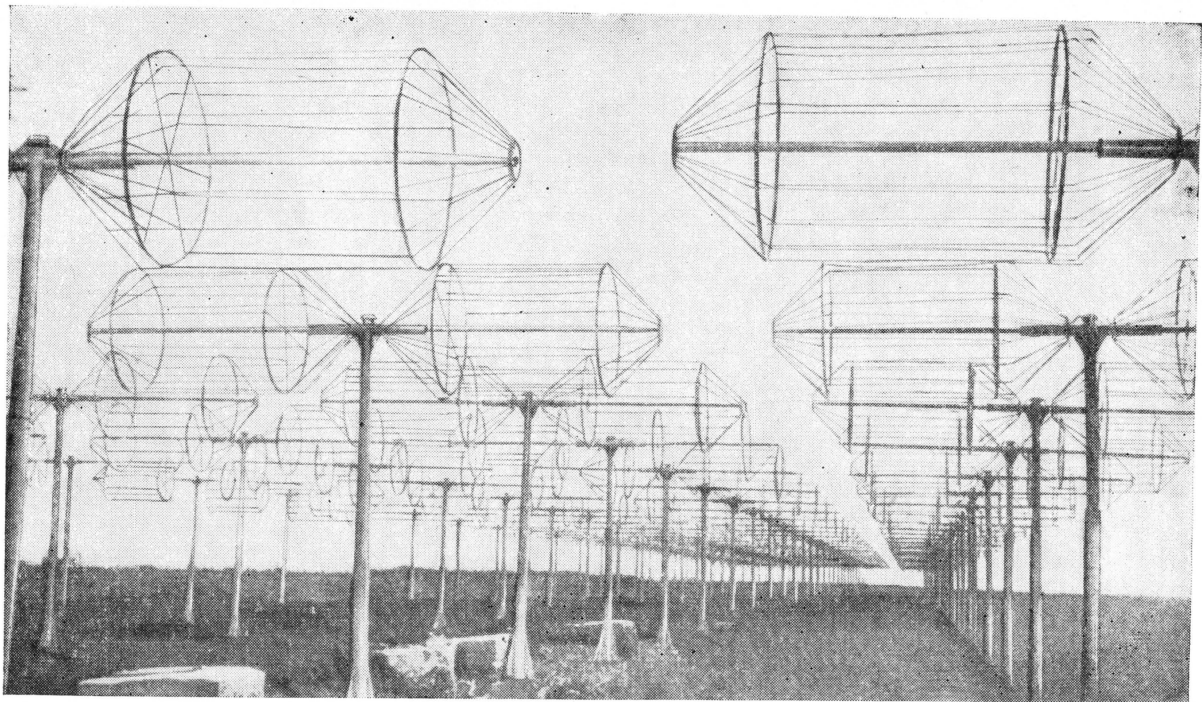
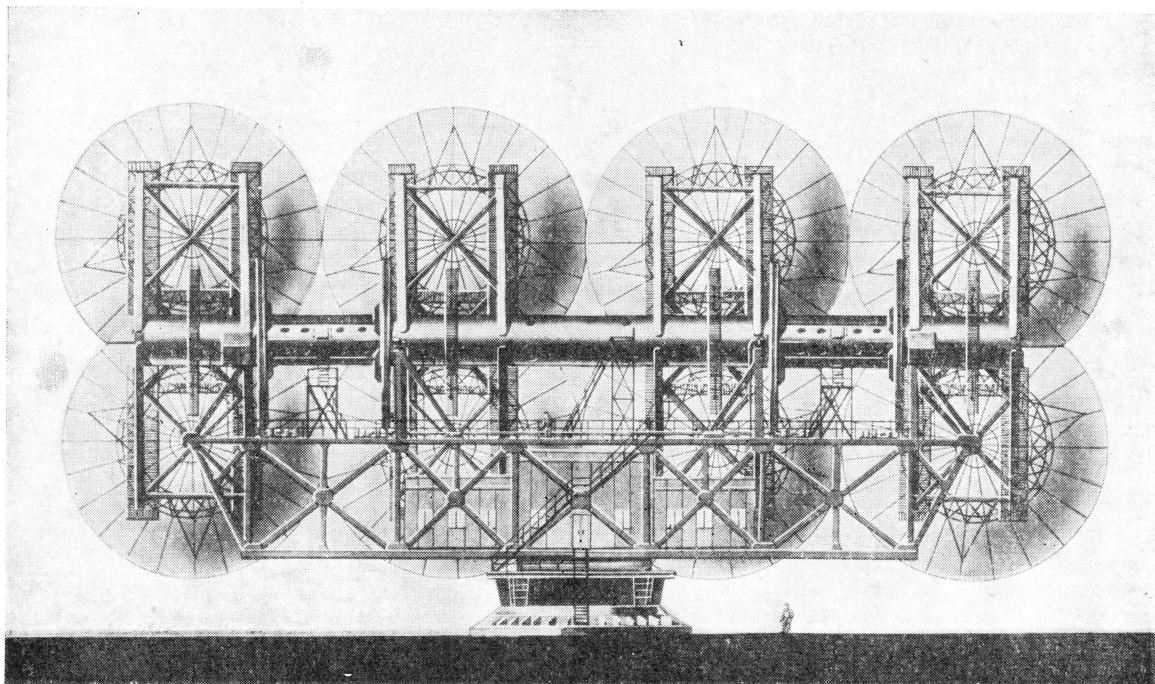


Рис. 9. Декаметровый Т-образный радиотелескоп УТР-2 Института радиофизики и электроники АН УССР

Рис. 10. Восьмиеlementная антенна, созданная советскими инженерами в кратчайшие сроки



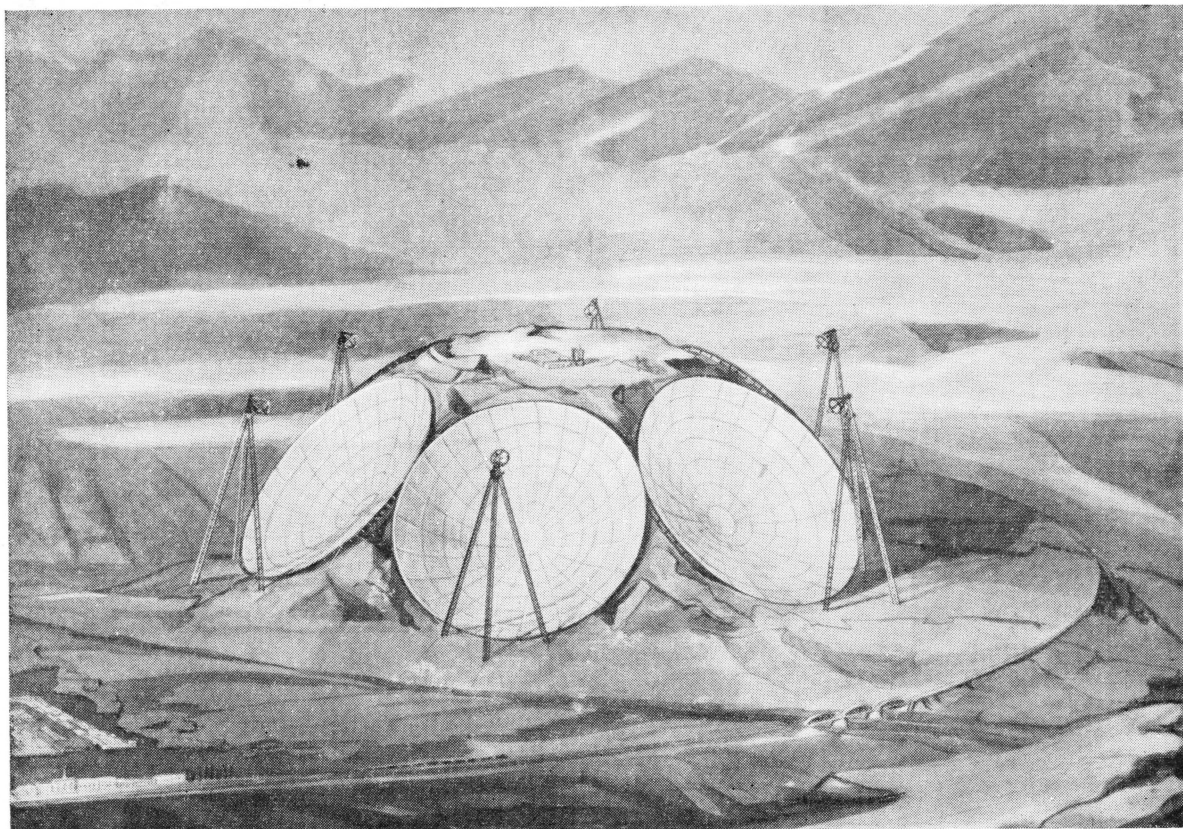


Рис. 11. Схема комплексного инструмента, состоящего из 6 сферических антенн диаметром 300 м каждая (проектное предложение)

но поэтому создателям радиотелескопов приходится уделять огромное внимание вопросам экономики. Речь идет не только об удешевлении существующих конструкций, но и о поисках принципиально новых конструктивных решений.

Оказывается, экономически выгодно строить вместо одного большого радиотелескопа несколько меньших с эквивалентной суммарной площадью. Так, замена одного радиотелескопа десятью уменьшает примерно в 10 раз затраты на строительство. В настоящее время обсуждается возможность объединения группы радиотелескопов в единую систему («стадо» радиотелескопов, рис. 11). Еще более грандиозный

план — объединение в единую систему всех находящихся на поверхности Земли радиотелескопов соответствующего класса. Идея создания единой семьи радиотелескопов, одновременно исследующих один небесный объект, не исключает разработки новых схем отдельных инструментов и усовершенствований в существующих схемах.

Пока еще далеко не исчерпаны возможности строительства радиотелескопов на Земле, но уже начаты поиски решений больших радиотелескопов, которые предполагать установить на спутниках, Луне и других планетах... Новые задачи, новые интересные исследования ждут тех, кто будет призван их осуществить.

Метеорный дождь Леонид

В. А. БРОНШТЭН,

кандидат физико-математических наук

День 17 ноября 1966 г. на небольшой полярной станции Острова Известий ЦИК, расположенной в Карском море в 200 км севернее Диксона, протекал, как обычно. Собственно говоря, дня не было — стояла полярная ночь, и в морозном небе ярко блистали звезды. Но полярники жили и работали по московскому времени. В этот день начальник станции А. С. Любухин и инженер-гидролог Д. К. Ключков готовили оборудование для предстоящих гидрологических работ. В 14 часов 55 минут Ключков пошел проводить футшточные наблюдения — надо было измерить уровень морской воды с помощью специального шеста — футштока.

Вдруг внимание гидролога привлекли несколько ярких метеоров, которые пролетели в южном направлении, оставляя на ночном небе светящиеся следы. Вскоре все работники станции стали свидетелями необыкновенного зрелища. Метеоры летели непрерывно, все — в одном направлении, от северной к южной части небосвода. Одни двигались от горизонта до горизонта, другие возникали в зените и скрывались за горизонтом, третьи угасали, не достигая его. Многие метеоры оставляли светящиеся следы. Так продолжалось около 40 минут.

Явление заинтересовало и поразило полярников. К сожалению, они не знали, что астрономы ожидали в эти дни прохождения Земли сквозь метеорный рой Леонид.

Что же представляет собой этот метеорный рой? Давно ли он известен и чем замечателен?

Первое научное наблюдение метеорного дождя Леонид принадлежит известному естествоиспытателю А. Гумбольдту. Находясь в Южной Америке в Кумане (северное побережье Венесуэлы), он со своим спутником Бонпланом 11 ноября 1799 г. наблюдал эффектную картину метеорного дождя. Вот как



Рис. 1. Гумбольдт и Бонплан наблюдают метеорный дождь Леонид 11 ноября 1799 г.

он описывает это явление: «Тысячи болидов и падающих звезд непрерывно пролетали друг за другом в течение четырех часов. По словам Бонплана, он не видел ни одного участка неба, равного по величине трем диаметрам Луны, который ежесекундно не заполнялся бы болидами и падающими звездами» (рис. 1). Конечно, по этому описанию трудно судить об истинной численности метеоров, но если учесть, что один метеор пересекает 10—15 участков, указанных Бонпланом, можно подсчитать, что число метеоров составляло около 300 000 в час.

Метеорный дождь, как сообщили индейцы, начался около часу ночи, после 4 часов число метеоров стало уменьшаться — уже светало, но отдельные болиды были видны даже спустя четверть часа после восхода Солнца. Индейцы рассказали Гумбольдту, что такое же явление наблюдалось перед большим землетрясением 1766 г. Хотя метеорный дождь 1799 г. отмечался во многих местах: в Южной и Северной Америке, в Гренландии и в Германии, никто не придал этому значения — в то время метеоры считались чисто атмосферным явлением.

Лишь в 1832 г. астрономы обратили внимание на метеорный поток Леонид. Уже в 1830 и 1831 гг. было замечено увеличение количества метеоров, вылетающих 12 ноября из созвездия Льва, но только в 1832 г. наблюдался настоящий метеорный дождь. На этот раз условия видимости оказались наиболее благоприятными в Европе и Западной Азии, в частности, в России. Курский астроном-самоучка Ф. А. Семенов, наблюдавший

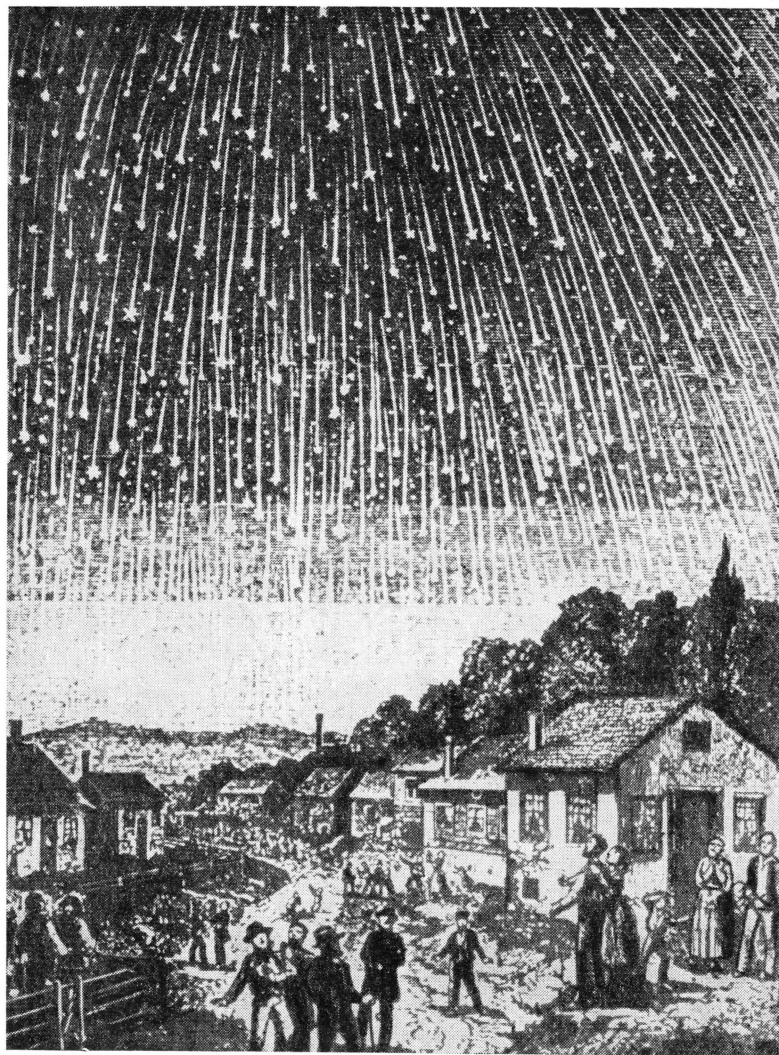


Рис. 2. Метеорный дождь 12 ноября 1833 г. над Америкой (с современной гравюры)

этот звездный дождь, писал: «Сии ракеты летали по всем возможным направлениям, от чего сделалось так светло, как при сильной молнии; сие продолжалось с малыми перерывами, от 11 часов вечера до самого рассвета; но кажется мне, оно и далее было, только не видимо стало от восходящего Солнца». Ф. А. Семенов высказал замеча-

тельную идею о том, что причиной этого явления могла быть комета. Правда, он ошибочно считал такой кометой — комету Биэлы.

Известный французский астроном У. Леверье, также наблюдавший этот дождь, заметил, что «нужно было бы затратить несколько часов, чтобы пересчитать все падающие звезды, видимые од-

новременно, в предположении, что они неподвижны». Судя по этим описаниям, количество метеоров в 1832 г. составляло не менее 100 000 в час.

На следующий год благоприятные условия для наблюдения метеорного дождя были в Америке (где дождь 1832 г. совершенно не наблюдался, несмотря на ясную погоду). Дело в том, что метеорный дождь длится лишь несколько часов, и если это время придется на день или на тот период, когда радиант под горизонтом, дождь наблюдаться не может. Именно такая ситуация возникла, как мы увидим дальше, и в 1966 г.

Метеорный дождь в ночь с 12 на 13 ноября 1833 г. в Северной Америке представлял собой поразительное зрелище (рис. 2). В Бостоне поток наблюдался в течение семи часов. Максимум наступил около 6 часов утра по местному времени. Численность метеоров, по данным счета и общим оценкам, составляла десятки тысяч в час.

В это же время профессор Д. Ольмстед из Нью-Хэвена (штат Коннектикут, США) открыл явление радианта и впервые определил его положение на небе для потока Леонид: $\alpha = 149^\circ,1$; $\delta = +21^\circ,2$. В 1837 г. немецкий врач и астроном В. Ольберс указал на вероятную 34-летнюю периодичность дождя Леонид и предсказал повторение его в 1867 г. Расчеты Ольберса были уточнены в 1863 г. профессором Иальской обсерватории Г. Ньютоном, который, сопоставив все сведения о метеорных дождях, имевшиеся в старинных хрониках и летописях, отождествил многие из них с Леонидами. Выяс-

нилось, что дата максимума потока постепенно смещалась. Так, самое раннее известное наблюдение дождя Леонид относится к 25 октября 585 г. н. э. Следующее, в 902 г. пришлось уже на 29—30 октября. В 1582 г. метеорный дождь наблюдался 7 ноября, и так далее. Это означало, что моменты максимума дождя связаны не с тропическим годом (к которому «привязан» наш календарь), а с сидерическим, т. е. с периодом обращения Земли вокруг Солнца. Этот факт окончательно доказывал космическую природу метеорных потоков. Другим аналогичным фактом явилось смещение радианта, проявлявшееся из года в год. По 13 известным появлениям Леонид Г. Ньютон определил период потока в 33,25 года и предсказал его максимум на 1866 г.

Предсказание блестяще оправдалось. В ночь с 13 на 14 ноября 1866 г. в ряде пунктов Европы наблюдался богатейший метеорный дождь, максимум которого пришелся на 1 час 10 минут мирового времени 14 ноября. Число метеоров в максимуме достигало 120 в минуту (7 200 в час). Отсюда видно, что по численности дождь 1866 г. уступал дождям 1799 и 1832—1833 гг. Английский астроном У. Доус, наблюдавший дождь Леонид в 1832 и 1866 гг., пишет о последнем так: «Хотя это был настоящий поток, но не было ни одного метеора, который можно было бы сравнить с теми, что я наблюдал в Ормскирке 12 ноября 1832 г. ... Я никогда не видел с тех пор ничего подобного, не видел такого множества ярких метеоров, столь же ярких, как Луна,

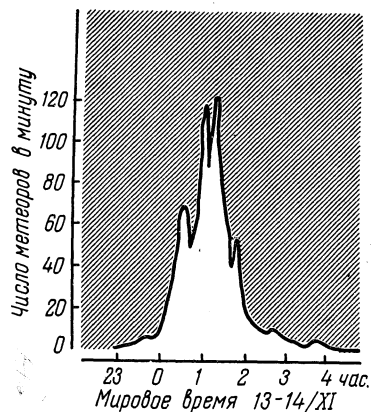


Рис. 3. Изменение численности метеоров во время дождя Леонид 13—14 ноября 1866 г. (по наблюдениям Гринвичской обсерватории)

хотя и уступающих ей по величине». Длительность дождя 1866 г., как видно из графика (рис. 3), не превышала на этот раз двух часов.

Почти за год до метеорного дождя 1866 г. была открыта комета — родоначальница потока Леонид, получившая наименование кометы Темпеля — Тутля. Известные астрономы Дж. Скиапарелли, Х. Петерс, Т. Оппольцер, Дж. Адамс установили сходство элементов орбит кометы и потока, их генетическое родство. Исследование эволюции орбиты потока в прошлом было выполнено Леверье, обратившим внимание на возможность тесных сближений потоков с планетами-гигантами, которые могут своими возмущениями значительно отклонять орбиту потока.

Это и случилось в 1899—1900 гг. (и в 1932—1933 гг.), когда максимум потока ожидался вновь и с такой же уверенностью, как солнечное или лунное затмение. Но ни в 1899, ни в 1900 гг. метеорный дождь не наблюдался. Правда, в 1898 и 1901 гг. за-

метно усилилась численность метеоров — до 150 и 800 в час соответственно.

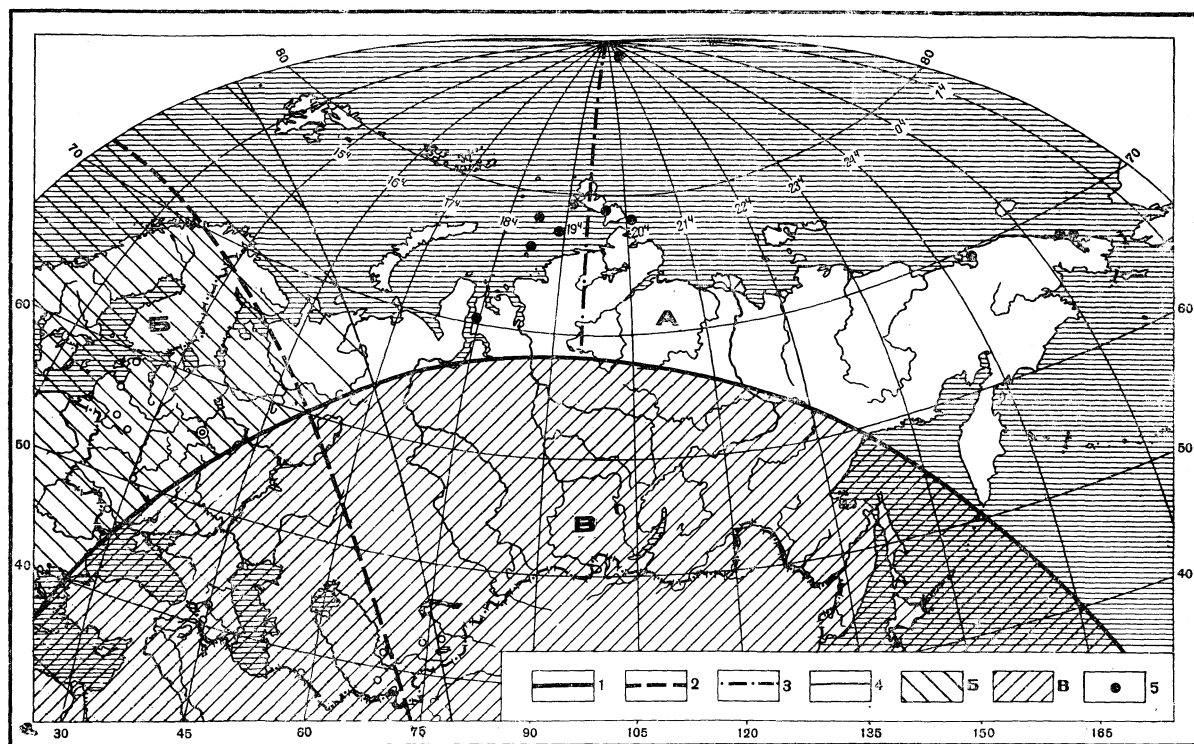
Причины этого явления исследовали английские астрономы Дж. Стони и А. Доунинг, вычислившие возмущения от планет, которым подверглась основная масса метеорного роя за период 1866—1900 гг. Они разделили весь поток на «орто-леониды», движущиеся компактной массой по идентичным орбитам, и «клино-леониды», орбиты которых отделялись от средней орбиты потока. В «орто-леонидах» образовался ряд сгущений, которые по-разному подвергались возмущениям. Оказалось, что большее значение имели сближения роя Леонид с Сатурном в 1870 г. и с Юпитером в 1898 г.

Так или иначе, метеорный дождь в 1899—1900 гг. не

состоялся. Астрономы уже с некоторым сомнением ожидали возвращения Леонид в 1932—1933 гг. Советский исследователь метеоров В. А. Мальцев, посвятивший Леонидам большую статью в «Русском астрономическом календаре» на 1932 г. (из

которой взяты многие из сообщаемых здесь фактов), вычислил эфемериду потока. Он предсказал наиболее вероятный момент максимума на 16 ноября 1932 г. в 5 часов мирового времени. Но ни в 1932, ни в 1933 гг. метеорный дождь, или хотя бы

Рис 4. На картах, данные для которых по просьбе редакции вычислил А. Б. Поляков, показаны условия видимости метеорного дождя Леонид в 15 часов московского времени 17 ноября 1966 г. Координаты радианта потока: $\alpha = 152^\circ$; $\delta = +22^\circ$. Точка (Z), для которой радиант в 15 часов московского времени был в зените, имеет координаты: $\varphi = +22^\circ$, $\lambda = -84^\circ$ (западная оконечность Кубы). Вдоль 80° параллели на карте СССР обозначено местное среднее солнечное время. 1 — радиант на горизонте; 2 — восход Солнца в западном полушарии и заход Солнца в СССР; 3 — радиант в меридиане; 4 — начало утренних сумерек в западном полушарии и конец вечерних в СССР; 5 — советские полярные станции, наблюдавшие метеорный дождь; А — в этих областях возможны визуальные и радионаблюдения метеорного дождя Леонид; Б — области, где возможны только радионаблюдения (радиант над горизонтом днем); В — области, где наблюдения метеорного дождя невозможны (радиант под горизонтом)



сколь угодно обильный поток Леонид не наблюдался, и виноваты тут были все те же возмущения от больших планет.

Прошла еще треть века. И вот 1965 год порадовал астрономов сразу двумя открытиями: была найдена пос-

ле столетнего перерыва комета Темпеля — Тутля и обнаружилось явное увеличение активности потока Леонид (часовое число метеоров достигло 400)*. Появилась

* См. «Земля и Вселенная», № 3, 1966 г., стр. 50; № 4, 1966 г., стр. 29.

надежда, что в 1966 г. Земля вновь встретится с основной массой роя.

Вот почему астрономы тщательно готовились в минувшем году к наблюдениям Леонид.

Но в ночь с 16 на 17 ноября, когда предполагался ме-



теорный дождь, его напрасно ждали в Ашхабаде, в Бюракане, в Душанбе. Погоня за ясной погодой и прозрачным воздухом направила астрономические экспедиции из Киева и Москвы на юг — на Кавказ и в Среднюю Азию. А надо было ехать на север.

В эту ночь за небом следили не только астрономы, но и многочисленные любители астрономии, получившие специальные инструкции для наблюдения метеорного дождя, составленные Всесоюзным астрономо-геодезическим обществом. Но дождя не было. Не наблюдался он и в следующие ночи.

Впрочем, среди астрономов находился человек, не разделявший всеобщих надежд. Это был известный исследователь метеоров профессор И. С. Астапович. Еще в конце октября на научной конференции в Киеве он заявил, что по его расчетам, основанным на многовековых наблюдениях метеорных дождей Леонид (а они прослеживаются по летописям, как мы уже говорили, начиная с 25 октября 585 г. н. э.), на этот раз максимум метеорного дождя наступит днем 17 ноября, точнее — около 13 часов по московскому времени. Профессор Астапович ошибся только на 2 часа.

19 ноября телеграмма с островов Известий о наблюдениях метеорного дождя пришла в Москву, в Главное управление гидрометеослужбы. Начальник отдела полярных станций и исследований Б. А. Кремер сообщил о ней астрономам: Е. Л. Кринуву, П. Г. Куликовскому и автору этих строк. Немедленно полярникам был направлен ответ и запрошены подробности, а вскоре запросы о ме-

теорном дожде были разосланы по всем полярным станциям советского сектора Арктики.

Как показали расчеты условий видимости метеорного дождя, выполненные по нашей просьбе А. Б. Поляковым, область видимости его была весьма ограничена. Требовалось сочетание двух условий: полная ночь (т. е. Солнце хотя бы на 6° ниже горизонта), а радиант потока (в созвездии Льва) — над горизонтом. Внутрь этой области попадали (рис. 4, слева): часть нашего арктического побережья восточнее Нарьян-Мара и севернее полярного круга, вся Центральная Арктика, Чукотка и Камчатка, часть Якутской и Магаданской областей. В западном полушарии (рис. 4, справа) в таких условиях оказались северная половина Гренландии, центральные и западные части Канады, США и Мексики, вся Аляска, а также острова Тихого океана: Гавайи, Рождества, Кука, Туамоту и другие. Таким образом, ни в Европе, ни в большей части Азии, ни в Африке, ни в Австралии, ни в Южной Америке наблюдать метеорный дождь было невозможно. Правда, там, где радиант находился над горизонтом, можно было вести радарные наблюдения.

Около 20 полярных станций ответили на запрос. На 14 из них метеорный дождь Леонид наблюдался. Очень хорошие наблюдения прислал из Певека Магаданской области инженер-океанолог А. К. Чагулов. Число метеоров он оценивает 5—10 в секунду (18 000—36 000 в час). Длительность видимости следов доходила до 15 секунд, причем иногда следы имели

прерывистый вид. На острове Малый Таймыр точнее всего отметили время начала и конца явления: от 14 часов 52 минут до 15 часов 13 минут. Примерно тот же интервал времени указывают в Певеке, на Краснофлотских островах, острове Голомянном. Оценки численности метеоров в момент максимума также близко сходятся: 8 в секунду (остров Малый Таймыр), 5 и более (острова Известий); в других местах наблюдали меньше: один метеор через 1—2 секунды (дрейфующая станция СП-13 — в 100 км от Северного полюса, остров Колочин, Ванкарем). Потом интенсивность метеорного потока ослабела и между 15 часами 30 минутами и 16 часами по московскому времени метеорный дождь прекратился.

Как известно, интенсивный метеорный дождь наблюдался и в США*. По наблюдениям американских астрономов, численность метеоров в Аризоне и Техасе, где радиант был почти в зените, достигала 60 000—100 000 в час, но дождь был кратковременный: он длился лишь 10—15 минут (рис. 5). Если учесть, что радиант в Арктике находился невысоко (на островах Известий ЦИК — на высоте лишь 8°) и внести соответствующую поправку, то максимальная численность метеоров окажется около 130 000 в час. Метеорный рой двигался почти точно навстречу Земле: угол схождения орбит роя и Земли составлял 162° . Относительная скорость сближения Земли с роем равнялась 70 км/сек — почти мак-

* См. «Земля и Вселенная», № 1, 1967 г., стр. 3 обложки.



Рис. 5. Фотография метеорного дождя Леонид, полученная на обсерватории Китт Пик в штате Аризона (США)

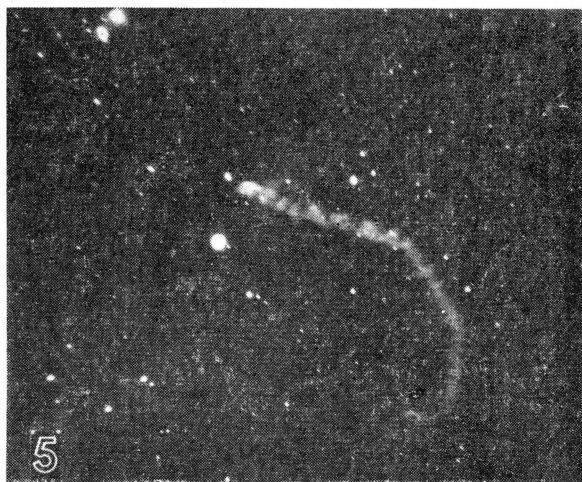
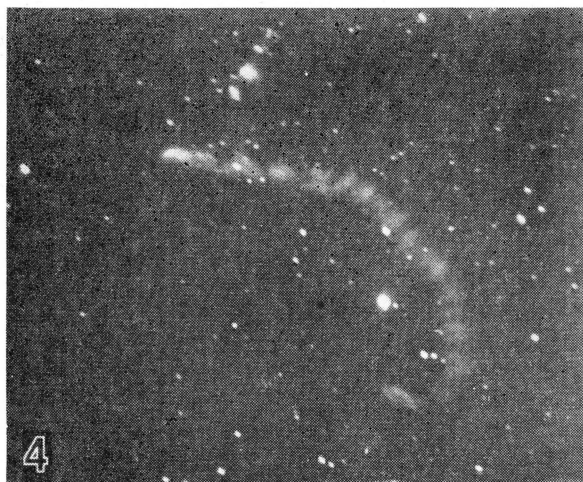
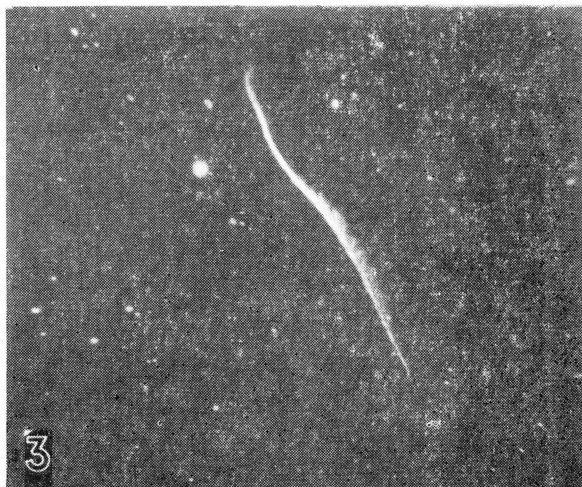
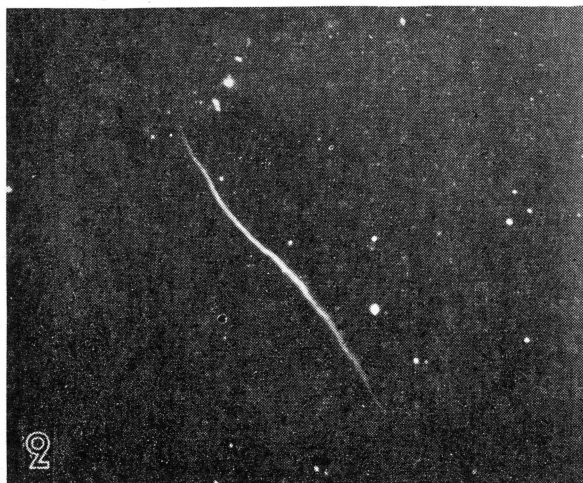
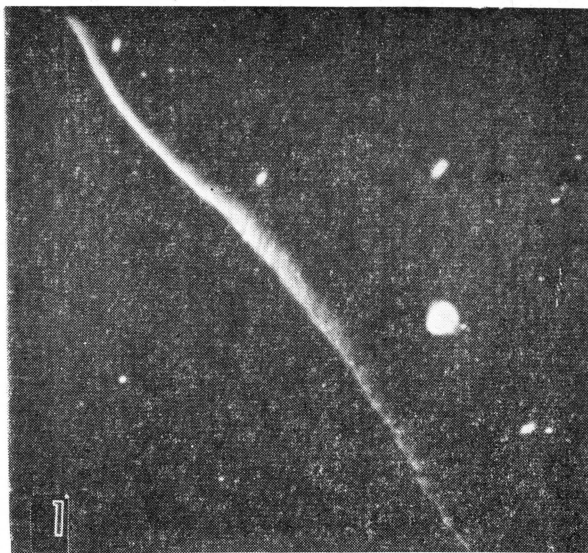
симальная скорость для метеоров. Следовательно, за 20 минут, пока наблюдался дождь, Земля сместилась относительно роя на 90 000 км. Диаметр роя, учитывая «косое» прохождение Земли через него, составляет около

30 000 км. Впрочем, возможно, Земля пересекла рой не по диаметру, а по хорде и именно этим объясняется кратковременность дождя в 1966 г. Любопытно, что даже в самой густой части роя среднее расстояние между от-

дельными метеорными телами достигало примерно 35 км!

Совсем недавно ленинградский астроном-теоретик Е. И. Казимирчак-Полонская на электронно-счетных машинах рассчитала движение отдельных сгустков роя Лео-

Рис. 6. Фотография следа яркого болида — 7-й звездной величины в созвездии Ориона. Яркость следа в первый момент равнялась яркости Юпитера. След наблюдался в течение почти 20 минут, за это время удалось сделать десятки фотографий. Фото 1—3 получены спустя 4 секунды после пролета болида, а фото 4, 5 — спустя 4 минуты. Фотографии сделаны сотрудниками Института физики Земли и атмосферы Академии наук Туркменской ССР Л. И. Насыровой (1; Ашхабад), Х. Д. Гульмедовым (2, 4; Ванновское под Ашхабадом) и В. В. Ерошиным (3, 5; Бекрава под Ашхабадом). Яркая звезда на снимках — Ригель (β Ориона)



нид, с учетом возмущений от планет. Из расчетов следует, что сгусток, встреченный Землей в 1966 г., был «не тот», что давал дожди в XIX в., и, по-видимому, имел меньшие размеры. Это — другое объяснение непродолжительности дождя.

После максимума наблюдалось несколько очень ярких болидов, располагавшихся, очевидно, во внешних (по отношению к Солнцу) частях потока. Фотографии длительного следа одного из них, полученные сотрудниками Института физики Земли и атмосферы АН ТуркмССР, мы здесь воспроизводим (рис. 6). Другой болид со следом, державшимся 25 минут (!), в тот же день, 18 ноября, наблюдался на полярной станции Тадибияга (в Обской губе). 18 ноября яркие боли-

ды видели также в Бюракане, Ташкенте и Нальчике.

Многие полярники, заинтересовавшись метеорами, продолжали сообщать о своих наблюдениях. Так, на полярных станциях Алазея (на берегу Восточно-Сибирского моря) и Нагурская (Земля Франца-Иосифа) 14 и 15 декабря наблюдалось усиление активности метеорного потока Геминид. Численность метеоров 14 декабря достигала 6—8 в минуту, 15 декабря — пролетали 2—3, а затем один метеор в минуту. На острове Исаченко 28 ноября наблюдали любопытную «процессию метеоров», когда по одному направлению один за другим пролетели 8 метеоров.

Можно ли ожидать повторения метеорного дождя Леонид в 1967 г.? Точно отве-

тить на этот вопрос трудно, но наблюдатели должны быть наготове. Используя эфемериду В. А. Мальцева, автор рассчитал наиболее вероятный момент максимума потока (момент прохождения Земли через плоскость его орбиты) — 17 ноября 1967 г. в 20 часов по московскому времени. Если метеорный дождь произойдет, то его смогут наблюдать почти на всей территории Советского Союза. Большой помехой будет, однако, Луна (17 ноября — полнолуние!). Придется при наблюдениях закрывать Луну каким-нибудь экраном.

Наблюдения метеорного дождя, выполненные на полярных станциях, обрабатываются. Но уже ясно, что астрономы должны сказать: спасибо вам, товарищи полярники!



ЗАПОЗДАЛОЕ ОТКРЫТИЕ

В 1966 г. было открыто семь комет. Две из них — известные периодические кометы Неуймина 1 и Грига — Ськелерупа, четыре — новые кометы с почти параболическими орбитами. Все шесть появились на небе в 1966 г.

Что касается седьмой кометы, то хотя она была открыта тоже в 1966 г., но... с опозданием на 6 лет. Ее обнаружили астрономы Лейденской обсерватории К. ван Хаутен и И. ван Хаутен-Грюнфельд при изучении восьми пластинок, полученных на 48-дюймовом телескопе Шмидта обсерватории Маунт Паломар между 24 сентября и 26 октября 1960 г.

Расчет орбиты новой (и в то же время «старой») кометы ван Хаутена, сделанный американ-

ским астрономом П. Хергетом, показал, что она прошла перигелий 29 апреля 1961 г. и является периодической с периодом 15,7 года. Таким образом, она появится вновь лишь в 1976—1977 гг.

В связи с этим неожиданным открытием возник вопрос, какое обозначение присвоить этой комете. В 1961 г., кроме нее, проходили перигелий 9 комет, и новая комета прошла его после кометы 1961 IV. Ей следовало бы присвоить номер 1961 V, сдвинув номера остальных пяти комет на единицу. Но, чтобы не изменять уже принятых окончательных обозначений, комету ван Хаутена обозначили 1961 X. Такое нарушение встречается в кометной астрономии впервые.

«Information circular», 1973, 1966



Два находящихся рядом наблюдателя одновременно и независимо подсчитывают количество метеоров, пролетевших в одной и той же области неба за один и тот же промежуток времени. Первый насчитал 84 метеора, второй — 72. Выяснилось также, что у них было 56 общих, т. е. замеченных и первым и вторым наблюдателями метеоров. Различными оказались лишь 100 метеоров.

Каким образом подсчитать истинное количество появившихся метеоров, в том числе и тех, которые вообще не были замечены ни одним из наблюдателей?

(Задача предложена
И. Т. Зоткиным)

(Ответ на стр. 87)



СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

С 9 по 15 октября 1966 г. в Мадриде проходил 17-й конгресс Международной астронавтической федерации. На него съехались ученые из 38 стран Европы, Америки, Азии и Африки. Советская делегация была одной из самых представительных. На конгрессе работало 8 секций и 2 симпозиума.

Около 300 докладов и сообщений охватили все научные и технические проблемы, связанные с освоением космоса: расчет и конструкция космических аппаратов, реактивное движение и ракетные топлива, управление космическими кораблями и слежение за ними, астродинамика (теория движения искусственных небесных тел), проект международной лаборатории на Луне, проблемы вхождения космических кораблей в плотные слои атмосферы, прикладные спутники, космическая биология, космическое право, астронавтика и вопросы народного образования.

Советские ученые внесли достойный вклад в работу конгресса. Среди них — академики Л. И. Седов, В. В. Парин, члены-корреспонденты АН СССР Н. Н. Моисеев и О. Г. Газенко (председатель секции «Космическая биология»), профессора К. Я. Кондратьев и Г. Н. Дубошин (председатели секций «Прикладные спутники» и «Астродинамика») и многие другие.

Ниже мы публикуем статью известного советского геофизика, председателя секции «Прикладные спутники», профессора К. Я. Кондратьева.



В этом здании работал 17-й конгресс МАФ



Открытие 17-го конгресса МАФ. Выступает представитель США У. Пикеринг, бывший между 16-м и 17-м конгрессами президентом МАФ. Слева от него — вице-президент МАФ академик Л. И. Седов

Спутники решают практические задачи

К. Я. КОНДРАТЬЕВ,
профессор

Космические исследования развиваются быстро. Метеорологические, связные, навигационные, геодезические, океанологические спутники — это далеко не полный перечень специализированных искусственных спутников Земли (ИСЗ), которые применяются теперь для решения разнообразных практических задач. При этом важно то, что материалы, получаемые с помощью спутников, оказываются полезными, прежде всего, для более глубокого изучения нашей собственной планеты. Космос все более и более начинает служить земным нуждам.

На 17-м Международном конгрессе по астронавтике впервые работала секция «Прикладные спутники». Уже само по себе возникновение такой секции и разнообразие представленных в докладах материалов ярко иллюстрируют возрастающую роль ИСЗ в решении практических задач. Мы рассмотрим здесь лишь очень небольшую часть вопросов, относящихся к интерпретации фотографий Земли из космоса, получаемых со спутников.

Спутники нашли широкое применение в изучении погодообразующих процессов,

и уже на первом этапе оказался значительным вклад ИСЗ в развитие метеорологии. Впервые в истории открылась возможность исследовать характер атмосферной циркуляции и других свойств атмосферы значительно быстрее и полнее, чем это удается делать с помощью обычных метеорологических наблюдений на станциях. Ведь с одного только спутника можно сразу получить метеорологические данные с большей части или даже со всей поверхности Земли и, что особенно ценно, с океанов и труднодоступных районов суши, где сеть станций отсутствует или редка. Эти данные используются не только в научных исследованиях, но и в оперативной работе службы погоды. Достаточно упомянуть, например, материалы, полученные с запущенных 25 июня 1966 г. и 28 февраля 1967 г. советских спутников «Космос-122» и «Космос-144». На борту этих спутников установлена специальная аппаратура, предназначенная для получения изображений облачности, снежного покрова и ледовых полей на освещенной и теневой сторонах земного шара, а также для измерения потоков уходящей радиации, отраженной и из-

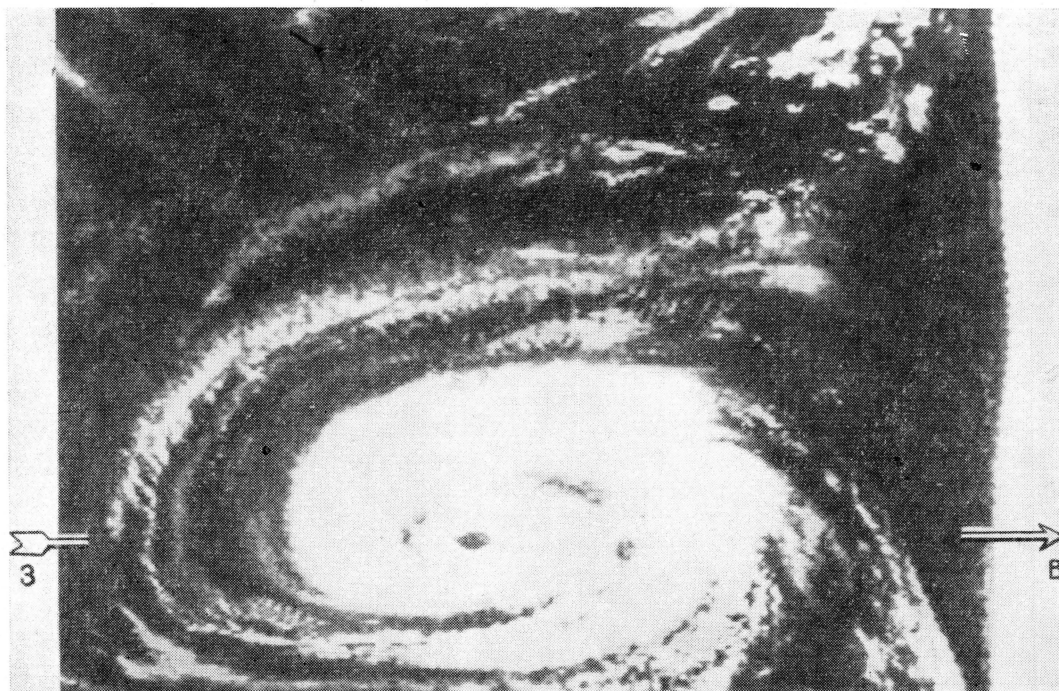
лученной Землей в космическое пространство*.

Для метеорологии особенно обширную информацию дают получаемые со спутников телевизионные и инфракрасные изображения облачного покрова. Уже накоплен большой опыт использования таких изображений. На фотографиях распределения облачности можно видеть спиральные полосы облаков, связанные с циклонами, имеющими диаметр от 800 до 1500 км, а также ячеистые системы облаков с элементами диаметром 50—80 км. Для полной интерпретации этих результатов потребуются, однако, интенсивные эмпирические, лабораторные и теоретические исследования по динамике конвекции и вихревых потоков.

Спутниковая информация относительно облачного покрова оказалась очень полезной для проверки некоторых существующих сейчас взглядов на синоптические процессы. В частности, выяснилось, что теория полярного фронта воссоздает, хотя и в упрощенной форме, реальную картину атмосферных про-

* См. Л. А. Александров. Метеорологический эксперимент на спутнике «Космос-122», «Земля и Вселенная», № 2, 1967 г.

a



б

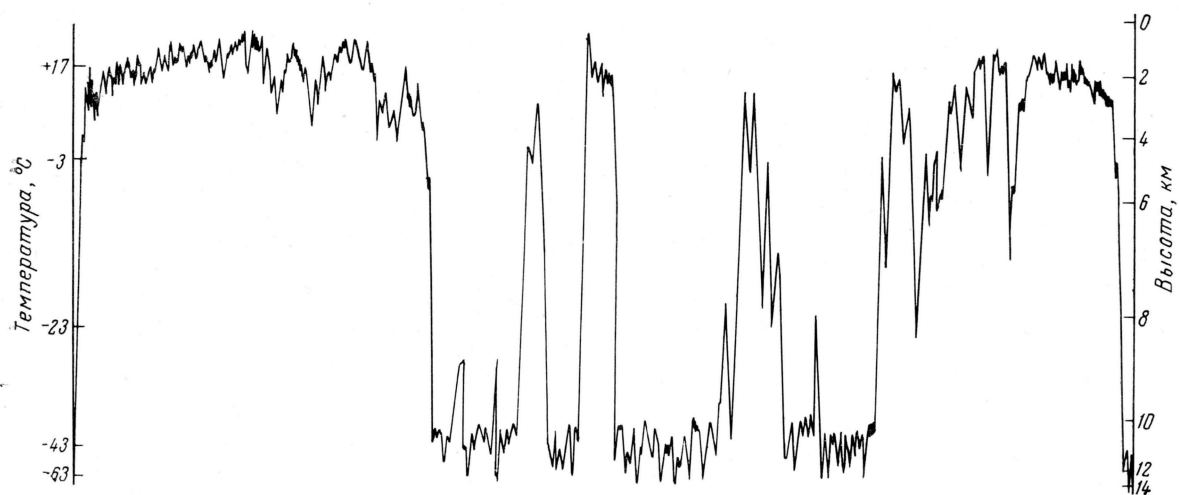


Рис. 1, *a* — инфракрасное изображение системы облачности в районе урагана «Глэдис» над Атлантическим океаном, полученное с американского метеорологического спутника «Нимбус» 17 декабря 1964 г.; *б* — регистрограмма изменения по направлению запад — восток излучения верхней границы облачности

цессов, а обнаруженные на снимках фронтальные системы облаков подтвердили классическую схему семейства циклонов*. Удалось также полностью проследить эволюцию отдельных циклонов, а также обнаружить штормы над акваториями океанов и наблюдать их перемещение. Этот результат особенно ценен с практической точки зрения, поскольку на огромных водных пространствах отсутствуют регулярные метеорологические наблюдения. Иногда характерные особенности облачного покрова позволяют получить представление о полях ветра и вертикальных движений воздуха.

Фотографии со спутников дали возможность построить мировые карты распределения облачности за сравнительно большие промежутки времени (примерно за месяц), по которым удалось установить закономерности в изменчивости планетарного облачного покрова.

Весьма «информативными» оказались инфракрасные изображения облачного покрова. Это можно видеть, например, на рис. 1, где приведены инфракрасное изображение системы облачности в районе урагана «Глэдис» над Атлантическим океаном, полученное с метеорологическо-

го спутника, и регистрируемая радиометра, характеризующая изменение величины излучения верхней границы облачности в космос вдоль указанного направления. Абсолютные величины излучения определяются по шкале температур, показанной слева. Как видно, в центральной части урагана наблюдаются резкие скачки величины излучения. Это отражает сильные изменения высоты верхней границы облачности. Дело в том, что излучение находится в прямой зависимости от температуры излучающей поверхности, а температура убывает с высотой. Поэтому высокие и, следовательно, холодные облака излучают мало и это соответствует спаду излучения на регистрируемой шкале, а низкие облака, являясь, наоборот, более теплыми, дают пики излучения. Шкала высот справа характеризует высоту облачного покрова. Таким образом, инфракрасные изображения позволяют не только «увидеть» облака (как это имеет место при использовании телевизионных камер), но также и определить температуру и высоту их верхней границы.

До сих пор изучение Земли из космоса осуществлялось в основном автоматической аппаратурой. Небольшой опыт научных исследований с участием космонавтов показывает, что проведение экспериментов на пилотируемых космических кораблях исключительно перспективно. Именно поэтому одной из центральных проблем, подвергшихся обсуждению на секции «Прикладные спутники» Мадридского конгресса по астронавтике, был вопрос о роли человека на борту пилотируемых орбитальных

космических обсерваторий. Участие человека в осуществлении научных программ на борту спутника дает такие несомненные преимущества, как сознательный выбор объектов исследования, постоянный контроль за функционированием сложной аппаратуры, наблюдения в полете за работой новых сложных приборов (в том числе контроль за калибровками, который трудно осуществить автоматически), возвращение на Землю материалов наблюдений (фотографий, спектрограмм и др.) в неискаженном линиями связи виде, возможность визуальных наблюдений.

Последнее преимущество с точки зрения метеорологии (и ряда других наук) особенно привлекательно. Очевидно, что находящийся на борту космического корабля квалифицированный синоптик, наблюдая особенности структуры облачного покрова, сможет проводить непрерывный «наглядный» синоптический анализ и прогноз. Экстренные штормовые предупреждения — один из примеров возникающих в связи с этим возможностей.

Метеорологические спутники запускаются только на орбиты, расположенные примерно на 1000 км над земной поверхностью. Однако для исследовательских и практических целей важно получать фотографии значительного большего пространственного разрешения и с гораздо меньших высот, сознательно выбирая при этом объекты фотографирования. Эти требования могут быть лучше и надежнее всего реализованы наблюдателями — космонавтами.

Так, например, в некото-

* Полярный фронт — поверхность раздела в атмосфере между воздухом тропиков и воздухом умеренных широт. Аналогичная поверхность, отделяющая воздух умеренных широт от воздуха Арктики, называется арктическим фронтом. Семейством (серией) называется несколько циклонов, возникающих на каком-либо из этих главных атмосферных фронтов и чередующихся с антициклонами.

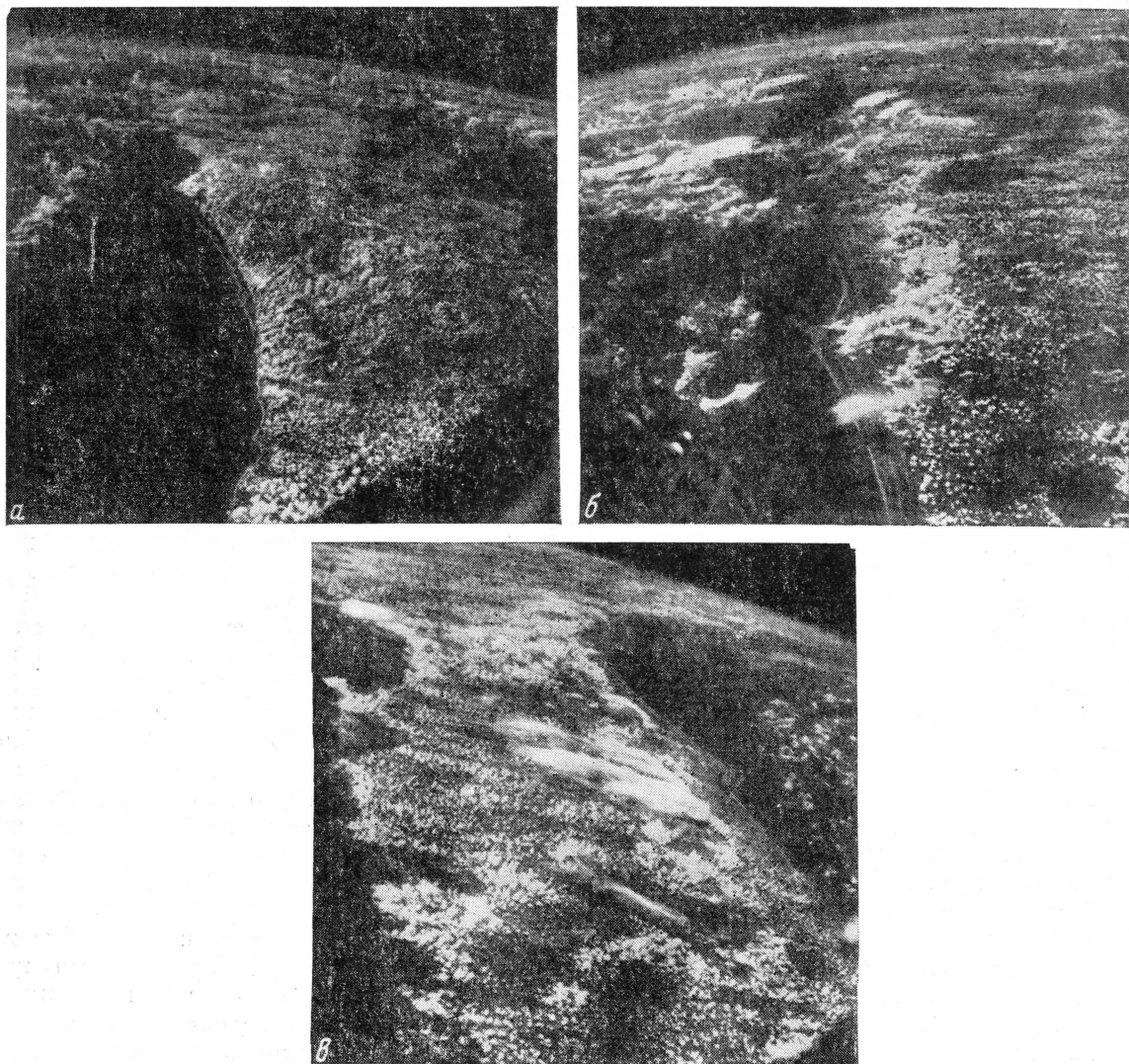


Рис. 2. Фотографии полуострова Флорида с американского космического корабля «Джемини-5» 22 августа 1965 г.: а — 10 часов 30 минут; б — полдень; в — 13 часов 30 минут (время местное).

рых случаях представляет большой интерес последовательное фотографирование через короткие промежутки времени быстро изменяющихся картин облачных систем. На рис. 2 представлены три такие последовательные фотографии, характеризующие динамику развития кучевой облачности. Они сняты в летний день с космического корабля над полуостровом Флорида. На первой фото-

графии, полученной после 10 часов утра, отчетливо видны кучевые облака хорошей погоды, развивающиеся над сушей. Второй снимок, время — около местного полудня, демонстрирует первые признаки возникновения грозных очагов (яркие массивы облачности вблизи береговой линии). Эти прибрежные очаги на третьей фотографии, снятой после 13 часов, исчезают, что, по-

видимому, происходит под влиянием сильного морского бриза, но возникают другие очаги на большом расстоянии от берега.

Полученные к настоящему времени космонавтами многочисленные фотографии облаков дают возможность благодаря высокой пространственной разрешающей способности детально анализировать особенности структуры облачного покрова.

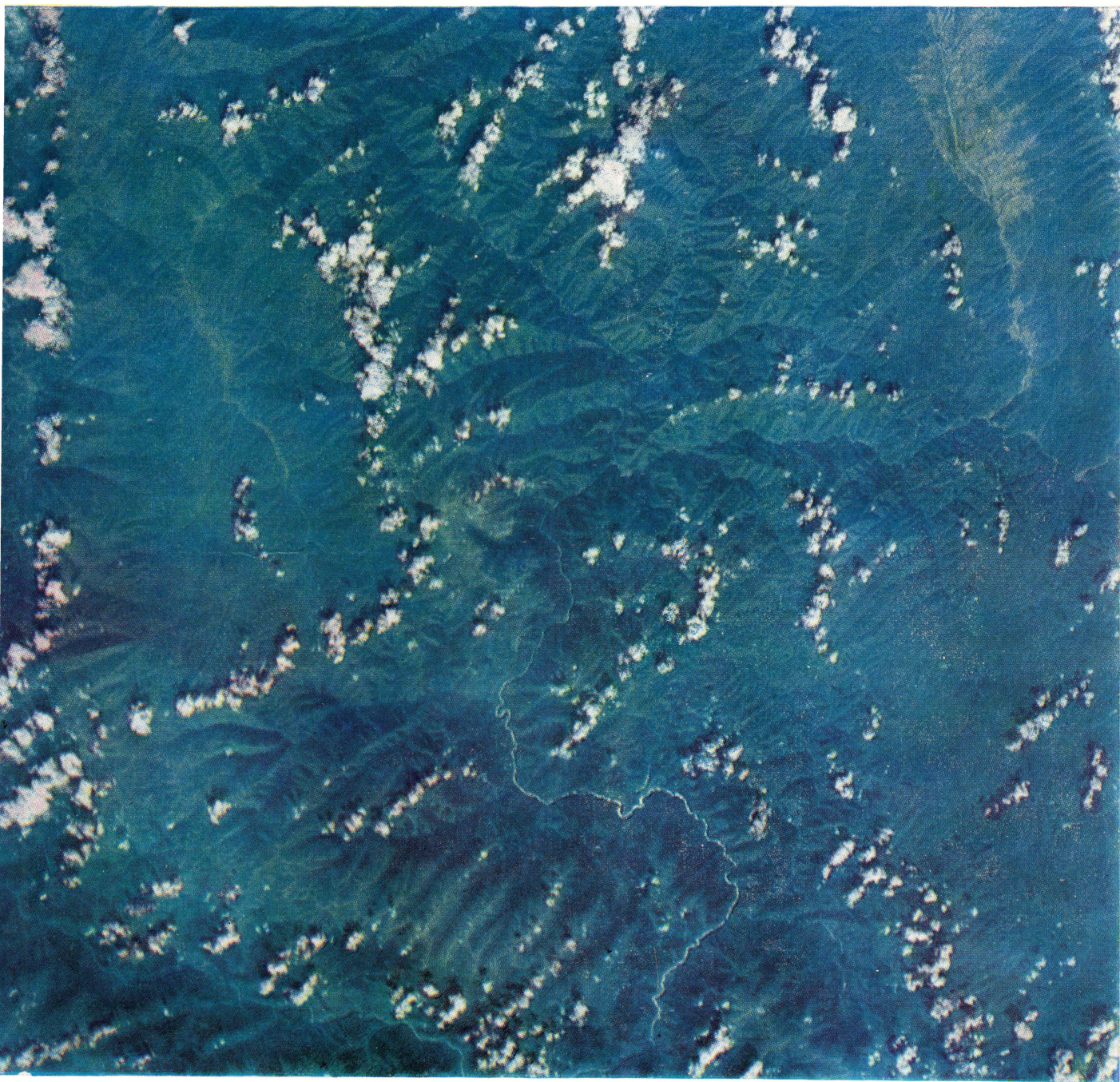


Рис. 3. Фотография Гималайских гор в Северной Индии с американского космического корабля «Джемини-5»

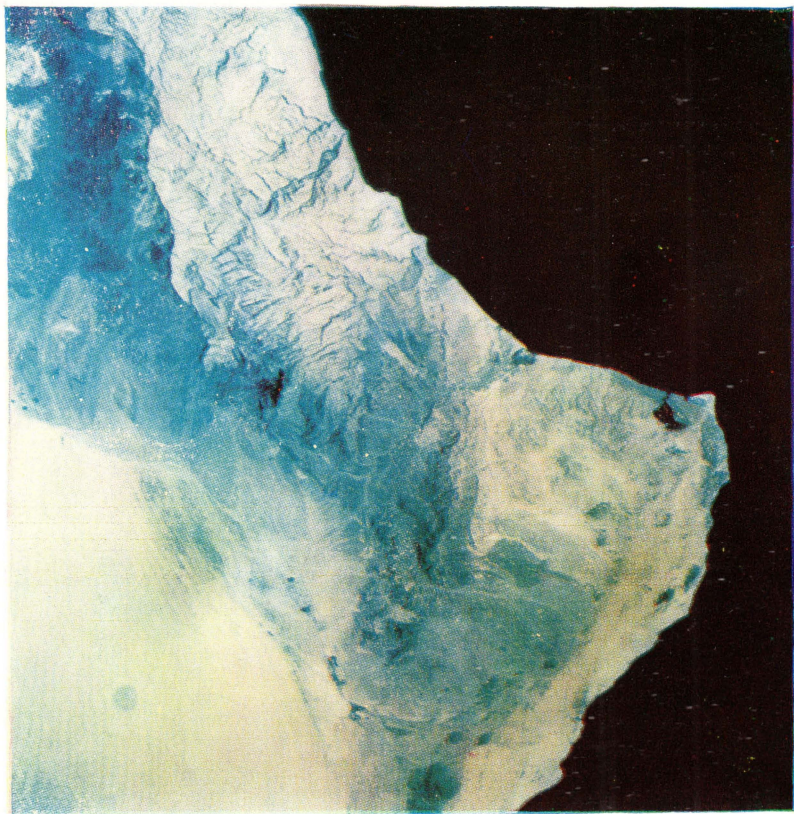
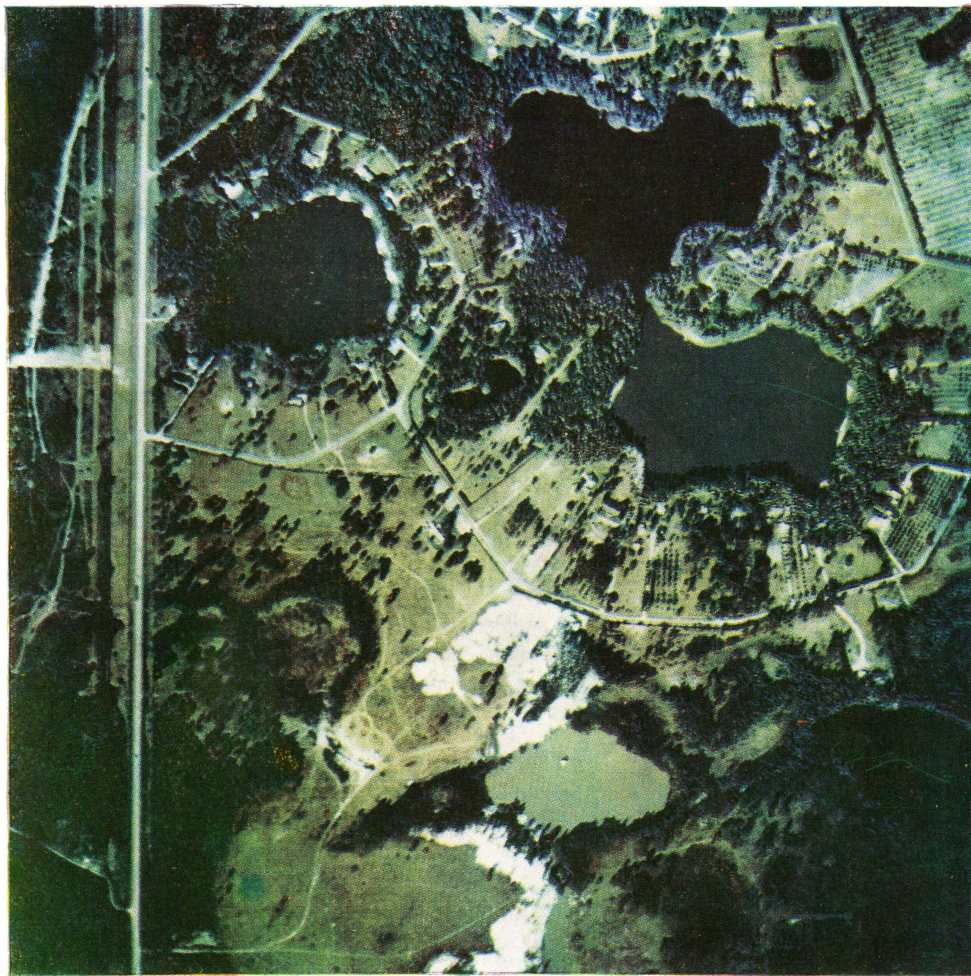


Рис. 4. Фотография восточной оконечности
Аравийского полуострова с американского
космического корабля «Джемини-4» 5 ию-
ля 1965 г. с высоты 180 км

Рис. 5. Фотографии озер в
штате Флорида с самолета



По данным американских метеорологических спутников серии «Тайрос» обнаружено, что в верхней части тропосферы существуют аэрозольные слои (по-видимому, перистые облака), которые оптически неактивны в видимой области спектра (незаметны на телевизионных изображениях облачного покрова), но являются интенсивными источниками инфракрасного теплового излучения. Естественно, что сознательный выбор и исследование подобных спорадически появляющихся объектов также надежнее всего осуществить с участием наблюдателя.

Анализ измерений уходящего излучения Земли, полученных со спутников серии «Тайрос», убедительно свидетельствует о важности и других названных выше преимуществ наблюдений из космоса с участием человека. Оказалось, например, что качество всех измерений уходящего излучения далеко неудовлетворительное. Это обусловлено изменением со временем чувствительности приборов. Разумеется, в дальнейшем можно ввести автоматический контроль чувствительности (уже частично осуществленный), что существенно повысит надежность измерений. Однако лишь наблюдатель сможет до конца выяснить причины этого ухудшения работы прибора. Несомненно, что в будущем космические инженеры и механики смогут обеспечить также профилактический осмотр и ремонт аппаратуры.

На рис. 3 (на вклейке к стр. 82) исключительно четко видна геологическая структура Гималайских гор. Возможность использования

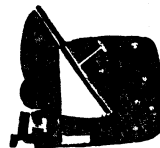
космических фотографий Земли для нужд геологии еще убедительнее иллюстрирует снимок из космоса восточной оконечности Аравийского полуострова (рис. 4 на вклейке к стр. 83).

Подобные фотографии представляют большой интерес и для гидрологических исследований. По ним можно детально проследить, например, динамику русел рек. С помощью таких фотоснимков легко также проанализировать особенности залегания снегового покрова, эволюцию таяния снега и т. п. Естественно, что такие материалы могут очень помочь в прогнозе паводков.

Рис. 5 (на вклейке к стр. 83) воспроизводит снятую с самолета цветную фотографию четырех озер на территории США. Она показывает перспективы фотографирования также и с космических кораблей для исследований внутренних водоемов: различия в цвете озер вызваны в данном случае особенностями их гидрохимического и гидробиологического режима.

На секции «Прикладные спутники» обсуждались вопросы использования спутников для изучения почвенных ресурсов с целью расширения сельскохозяйственных угодий, для оценки урожая и решения других задач сельского хозяйства. Полученные в США результаты такого применения спутников свидетельствуют о широких возможностях различения разнообразных сельскохозяйственных культур и оценки стадий их созревания. Другие материалы фотографирования показывают, что можно использовать цветовые различия для идентификации

здоровых и больных (пораженных вредителями) растений. Вполне реально обнаружение на снятых из космоса photographиях лесных пожаров, роев саранчи и многих других явлений, имеющих важное практическое значение. Прикладные исследования при помощи спутников еще только начались, поэтому в ближайшие годы следует ожидать новых, больших успехов в этой области.



СЕМИНАР АСТРОФИЗИКОВ

Объединенный астрофизический семинар в Москве продолжает работу*. В 1966 г. было проведено девять заседаний, посвященных актуальным вопросам современной астрофизики.

Большой интерес вызвал доклад А. Г. Дорошкевича и Р. А. Сюняева о роли гелия в тепловом балансе межгалактической среды и скоплений галактик. Как уже сообщалось в журнале**, обнаружение в 1965 г. американскими радиоастрономами изотропного теплового излучения с температурой 3° К позволило сделать выбор между «холодной» и «горячей» «моделями Вселенной» в пользу «горячей» модели. По-видимому, материя на ранних этапах космологического расширения была настолько «горячей», что основную долю ее плотности составляла плотность электромагнитного излучения. При расширении плотность обычного вещества и излучения меняются по разным законам — плотность излучения уменьшается быстрее и сейчас она мала по сравнению с плотностью вещества.

На ранних этапах расширения Вселенной в горячем веществе

* См. «Земля и Вселенная», № 4, 1966 г., стр. 75.

** См. «Земля и Вселенная», № 3, 1966 г., стр. 11.

или ядерные реакции, определившие химический состав вещества, который сохранялся до образования отдельных небесных тел. К настоящему времени химический состав вещества, не прошедшего через стадию звезд, должен быть примерно таким: 70% водорода и 30% гелия. Температура межгалактического вещества сейчас может значительно превышать 3°K , так как вещество прозрачно для космологического излучения и может разогреваться в результате вторичных процессов (например, взрывов ядер галактик). Расчеты Дорошкевича и Сюняева показали, что при принятых предположениях о химическом составе вещества решающую роль в тепловом балансе межгалактической среды, если ее температура 10^5 — 10^6°K , будет играть гелий.

Кроме того, Дорошкевич и Сюняев пришли к выводу, что скопления галактик длительное время могут находиться в состояниях с температурой либо меньшей $1,5 \cdot 10^4^\circ\text{K}$, либо равной $3 \cdot 10^4^\circ\text{K}$, либо, наконец, большей $2 \cdot 10^5^\circ\text{K}$. Каждое из этих состояний может быть обнаружено по характерной для соответствующей температуры картине излучения из скопления.

Много времени участники семинара уделили работам, посвященным возможности определения космологических моделей Вселенной и эволюции радиоисточников по статистике их подсчетов.

Дело в том, что с вводом в строй больших радиотелескопов оказалось доступно наблюдению большое число слабых объектов. (Например, 4С-каталог насчитывает около 5 000 источников.) Это позволяет использовать методы подсчета радиоисточников для анализа их эволюции и определения параметров космологических моделей Вселенной. С сообщениями выступили Г. Б. Шоломицкий и Н. С. Кардашев (в соавторстве с В. М. Дашевским и Н. Ф. Слепцовой).

С работой М. Лонгера (Англия), в которой рассматривается тот же круг вопросов, познакомил участников семинара Я. Б. Зельдович. Анализируя экспериментальную зависимость между числом радиоисточников с потоком меньше данного, и величиной потока, Лонгер для объяснения этой зависимости предположил, что, во-первых, радиоисточники сильно изменяются со временем

и когда в прошлом средняя плотность вещества Вселенной была около 10^{-27} г/см^3 (сейчас она равняется 10^{-29} г/см^3), мощных радиоисточников не было. (Именно поэтому на расстоянии, большим $2 \cdot 10^{10} \text{ пс}$ — соответствующее

красное смещение $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = 4$ — радиоисточники не наблюдаются.) Во-вторых, на ранних этапах развития Вселенной существовали два типа радиоисточников, характеризующихся разными темпами эволюции.

Н. С. Кардашев и Г. Б. Шоломицкий обратили внимание, что на вид этой зависимости может оказывать влияние рассеяние радиоизлучения на свободных электронах межгалактического пространства, из-за которого далекие радиоисточники могут быть и не видны. Отделить эффект отсутст-

вия радиоисточников при $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} > 4$ от эффектов рассеяния радиоизлучения можно, в принципе, по величине радиофона.

Работы в этой области еще далеки от завершения. Но уже ясно, что сделать выводы о свойствах космологической модели по статистическому подсчету радиоисточников нельзя без учета эволюционных эффектов.

На одном из заседаний Я. Б. Зельдович (совместно с И. Д. Новиковым и А. Г. Дорошкевичем) рассказал о нейтринно в анизотропной Вселенной. В настоящее время в литературе рассматривается возможность значительной анизотропии расширения Метагалактики на ранних этапах. Согласно «горячей» космологической модели при расширении наступает момент, когда взаимодействие нейтрино и антинейтрино с другими частицами и друг с другом прекращается. На ранних этапах в анизотропных космологических моделях вдоль некоторого направления было не расширение, а сжатие. Это привело к тому, что свободные нейтрино приобрели огромную энергию. Таким образом, энергия нейтрино сегодня может быть много больше, а их число в единице объема много меньше, чем реликтовых космологических квантов с температурой 3°K .

Интересное сообщение о возможной интерпретации свойств рентгеновского источника в созвездии Скорпиона SCO XR-1 сделал И. С. Шкловский. Этот уди-

вительный объект сначала обнаружили в диапазоне длин волн 2—10 Å, а потом и в 50—60 Å. Причем, рентгеновский спектр, как оказалось, не является продолжением оптического спектра звездочки, отождествляемой с этим источником. Из разных изображений расстояние до источника оценивается в 200 пс. И. С. Шкловский считает, что всю совокупность фактов можно было бы увязать, допустив, что в источнике сосуществуют области холодной плазмы с температурой $2 \cdot 10^4^\circ\text{K}$ и размером около 10^{12} см и горячей плазмы с температурой $5 \cdot 10^7^\circ\text{K}$ и размером 10^{15} см , излучающей в рентгеновском диапазоне.

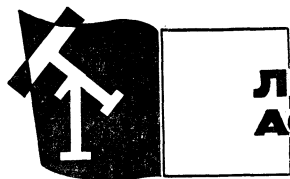
Исключительный интерес у астрофизиков вызвала работа Дж. Кёлера и Б. Робинсона, посвященная измерению плотности нейтрального водорода в межгалактической среде и в скоплениях галактик в Деве. Рассказал об этом исследовании Р. А. Сюняев.

Кёлер и Робинсон проводили наблюдения на волне 21 см на 64-метровом Паркском (Австралия) радиотелескопе с перестраиваемым по частоте приемником. Они получили в спектре радиоисточника Печь А слабую полосу поглощения, начинающуюся около 21 см.

Этот факт может быть объяснен поглощением нейтральным водородом межгалактической среды радиоволн с длиной волны 21 см. Полоса возникает из-за размазывания линии красным смещением. Авторы оценили плотность нейтрального водорода в $5 \cdot 10^{-7} \text{ см}^3$. Такой результат неожидан. Прежние оценки, сделанные по поглощению в спектре квазара 3С-9, давали для плотности нейтрального водорода величину 10^{-11} см^3 . Согласовать и объяснить эти результаты пока не удалось. Кёлер и Робинсон получили также неожиданно низкие оценки для плотности нейтрального водорода в скоплении галактик в Деве.

Одно заседание семинара было целиком посвящено некоторым особенностям излучения в космических условиях. В последнее время в астрофизике все чаще используют идею отрицательного поглощения и связанного с ним лазерного (в оптике) и мазерного (в радиодиапазоне) эффектов. С докладами выступили В. В. Железников и Д. А. Воршалович.

Б. В. КОМБЕРГ



АСТРОНОМИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ В ИЮЛЕ — АВГУСТЕ 1967 ГОДА

ЗВЕЗДНОЕ НЕБО. Когда Солнце опустится за горизонт, на небе появятся яркие звезды: на юго-западе низко над горизонтом — Спика (α Девы), выше ее — Арктур (α Волопаса), на юге у горизонта — красноватый Антарес (α Скорпиона), на северо-востоке примерно на той же высоте, что и Арктур, можно будет наблюдать Альтаир (α Орла), выше — Вега (α Лирь), а к востоку от Веги — Денеб (α Лебеда).

В начале июля около полуночи по местному времени в южной части неба высоко над горизонтом кульминирует созвездие Геркулеса (рис. 1). Почти у горизонта видны созвездия Скорпиона и Стрельца. Между Геркулесом и Скорпионом расположены созвездия Змеи и Змееносца. Низко на юго-западе видно созвездие Девы, а выше — созвездие Волопаса. Хороши условия наблюдения созвездия Северной Короны, которое находится между Геркулесом и Волопасом. К юго-востоку и востоку от Геркулеса наблюдаются созвездия Лирь, Орла, Лебеда, левее Орла — небольшое, но очень компактное созвездие Дельфина.

Созвездие Геркулеса — одно из самых больших. Оно названо по имени мифического героя — Геркулеса (Геракла), некоторые из легендарных подвигов которого запечатлены в названиях созвездий (Гидра, Телец, Дракон, Лев и др.). Разыскать его на небе можно следующим образом. Наиболее яркие звезды (3-й звездной величины) ϵ , π , η и ζ Геркулеса образуют четырехугольник (см. рис. 1 и 2; рис. 2 и все следующие помещены на 4-й странице обложки), от которого лучеобразные линии ведут к другим звездам созвездия. Если теперь от Денеба провести прямую линию через Вега, то четырехугольник в Геркулесе будет лежать от Веги на расстоянии, равном расстоянию Денеб — Вега.

Чем замечательно созвездие Геркулеса?

В нем расположен апекс — точка небесной сферы ($\alpha = 18^\circ$, $\delta = +30^\circ$; около звезды ν Геркулеса), в направлении которой со скоростью примерно



20 км/сек движется относительно близлежащих звезд наша солнечная система.

Название главной звезды созвездия — Рас-Альгети (по арабски — голова коленопреклоненного) олицетворяет образ страдающего героя (одежда Геркулеса, согласно одному из мифов, была отравлена кровью сказочного чудовища Кентавра). Рас-Альгети — сверхгигант, его светимость в 600—1100 раз превосходит светимость Солнца, а диаметр больше диаметра Солнца примерно в 800 раз (т. е. превышает диаметр орбиты Юпитера!). Звезда Рас-Альгети — полуправильная переменная. Блеск ее изменяется от $3^m,1$ до $3^m,9$. Звезда двойная. В трубу с диаметром объектива 55 мм и 50-кратным увеличением на расстоянии $4'',6$ виден желтый спутник ($5^m,4$), период обращения которого вокруг главной звезды 111 лет. Главная звезда красная с оранжевым оттенком. Спутник — спектрально-двойная звезда с периодом, близким к 52 суткам, обе звезды окружены расширяющейся газовой оболочкой.

В созвездии Геркулеса ряд переменных звезд доступен наблюдениям в призматические бинокли и не-

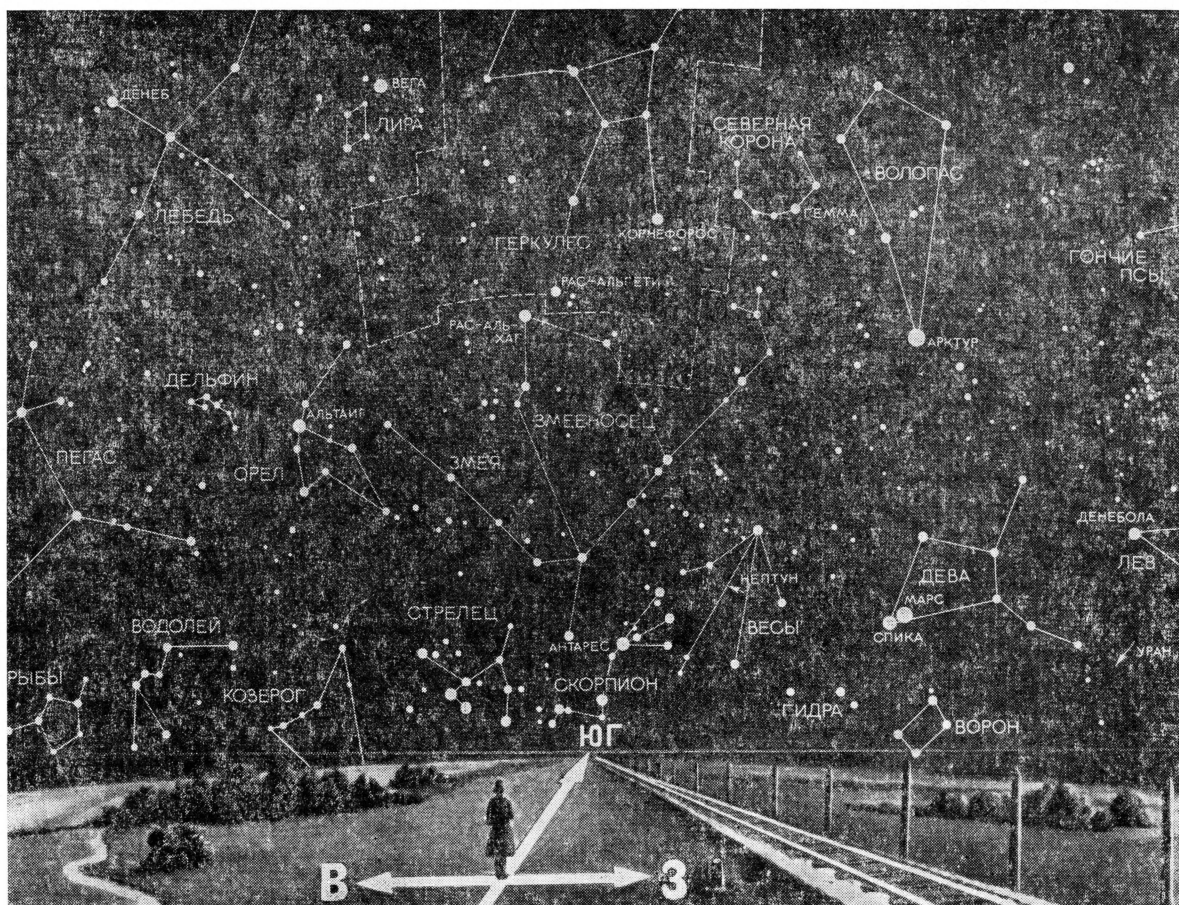


Рис. 1. Южная часть звездного неба 5 июля в 22 часа местного времени ($\varphi = 56^\circ$)

большие трубы, например затменная переменная UX Геркулеса. Блеск ее изменяется от $8^m,7$ до $9^m,7$ с периодом 1,549 суток. На рис. 3 изображена карта окрестности UX Геркулеса и указаны звезды сравнения, которые рекомендуется использовать при ее наблюдениях. На небольших инструментах можно наблюдать и переменную VX Геркулеса (рис. 4). Это — цефеида, блеск которой колеблется в пределах $9^m,8$ — $11^m,4$ с периодом 0,4554 суток.

Знаменита звезда DQ Геркулеса — бывшая Новая 1934 г. Через 20 лет после вспышки было открыто, что это — затменная переменная звезда с периодом 4 часа 39 минут. (В дальнейшем обнаружили двойственность и других бывших новых.) Координаты DQ Геркулеса: $\alpha = 18^h06^m,1$; $\delta = +45^\circ51'$. Если до вспышки DQ Геркулеса была звездой 15^m , то во время вспышки она достигла $1^m,4$.

В созвездии Геркулеса находится одно из самых

ярких шаровых звездных скопления М 13. Видимая звездная величина скопления $5^m,7$. Его координаты: $\alpha = 16^h39^m,9$; $\delta = +36^\circ33'$. На небесной сфере скопление можно отыскать между звездами η и φ (рис. 2). В бинокль оно видно как светящееся пятно, на фотографиях же, полученных с помощью большого телескопа, периферийные участки скопления разрешаются на отдельные звезды (рис. 5). Общее число звезд в М 13 — около полумиллиона, его диаметр примерно 100 световых лет, а расстояние до него около 22 000 световых лет. Яркие звезды скопления М 13 в основном холодные красные гиганты. В скоплении обнаружено около полутора десятков переменных звезд, главным образом короткопериодических цефеид.

М 92 — другое шаровое звездное скопление в созвездии Геркулеса ($\alpha = 17^h45^m,6$; $\delta = +43^\circ12'$) — выделяется среди остальных шаровых скоплений боль-

шим количеством горячих звезд-гигантов. Видимая звездная величина скопления $6^m,1$, а расстояние до него 36 000 световых лет.

Отметим еще один объект в созвездии Геркулеса — радионисточник Геркулес А. Он находится в нижней части созвездия (рис. 2) и отождествляется с эллиптической галактикой, которая недоступна наблюдениям в небольшие инструменты.

ВИДИМОСТЬ ПЛАНЕТ. Меркурий. Планету можно наблюдать только после 24 июля и до середины августа перед восходом Солнца в северо-восточной области небосвода. Меркурий перемещается прямым движением по созвездиям Близнецов и Рака. Наибольшей западной элонгации (20°) планета достигает 30 июля. В это время продолжительность ее видимости наибольшая (в южных районах страны — около часа). Блеск планеты изменяется от $+0^m,3$ (30 июля) до $-1^m,1$ (10 августа).

Венера. На средних широтах планету можно наблюдать вечером до второй половины июля, на южных — до середины августа. В 20-х числах июля видимая звездная величина Венеры достигает $-4^m,2$. На протяжении всего периода видимости планета находится в созвездии Льва. 8 июля Венера проходит на $8'$ южнее звезды Регул.

Марс. В течение июля — августа планета видна в первой половине ночи в юго-западной области неба вначале в созвездии Девы, а затем в созвездии Весов. 3 июля Марс окажется севернее Спика на 1° . В августе условия наблюдения планеты в средних широтах ухудшаются. 29 августа произойдет соединение Марса с Нептуном, для наблюдения которого достаточно телескопа со слабым увеличением, но

большим полем зрения. Марс пройдет на 3° южнее Нептуна. Видимый блеск Марса уменьшается от $-0^m,1$ (10 июля) до $+0^m,4$ (1 августа).

Юпитер. Почти весь период на небесной сфере планета находится вблизи Солнца и поэтому не видна. В конце августа она появляется перед восходом Солнца в северо-восточной части неба в созвездии Льва. Видимая звездная величина планеты в это время $-1^m,3$.

Сатурн. Планета восходит до полуночи и движется прямым движением по созвездию Рыб. 26 июля прямое движение сменяется попятным. С августа Сатурн виден всю ночь. Видимая звездная величина его изменяется в этот период от $+1^m,0$ до $+0^m,7$.

Уран. В июле вечером планету легко обнаружить в бинокль. Она находится в созвездии Льва, и ее видимая звездная величина равна $5^m,6$. Координаты планеты 20 июля: $\alpha = 11^h 29^m 42^s$; $\delta = +4^\circ 04' 28''$. В августе Уран не виден.

Нептун. Весь июль планета перемещается по созвездию Весов попятным движением, а с 4 августа — прямым. В это время ее координаты: $\alpha = 15^h 18^m 31^s$; $\delta = +16^\circ 28' 40''$, а звездная величина $7^m,7$.

МЕТЕОРНЫЕ ПОТОКИ. 3 августа будет наблюдаться максимум потока Дельта-Акварида с радиантом в созвездии Водолея (количество метеоров в час — 40), а 11 августа — максимум потока Персеид с радиантом в созвездии Персея (количество метеоров в час — 60).

А. Д. МАРЛЕНСКИЙ *И*, *доцент*
В. Ф. ЗАБОЛОТНЫЙ *И*



(к стр. 77)

Для решения воспользуемся понятием «коэффициента внимания», который показывает, какую долю из появившихся метеоров замечает наблюдатель. Обозначим искомое неизвестное число метеоров через X . Тогда коэффициент

внимания первого наблюдателя будет равен $\frac{84}{X}$, а второго — $\frac{72}{X}$. Из 84 принадлежащих пер-

вому наблюдателю метеоров другой наблюдатель увидит лишь некоторую часть, которая и будет являться числом общих метеоров:

$$84 \cdot \frac{72}{X} = 56.$$

Откуда $X = 108$. Таким образом, 8 метеоров ни один из наблюдателей не заметил.

Эта теоретико-вероятностная задача часто встречается в практике наблюдений. Ее можно обобщить на случай трех и более наблюдателей.

ВНИМАНИЮ ЛЮБИТЕЛЕЙ АСТРОНОМИИ!

Всесоюзное астрономо-геодезическое общество (ВАГО) может выслать карты звездного неба для наблюдений метеоров.

Карты изготовлены в гномонической проекции и позволяют определить радианты метеорных потоков по нанесенным следам метеоров.

Стоимость комплекта карт (4 листа и сетка для отсчета координат) 1 рубль.

Заявки присылать по адресу: Москва, К-9, аб/я 918, ВАГО.

ХИМИЧЕСКОЕ РАСТЕНИЕ

Ян УИЛЬЯМСОН

Поврежденный космолет с огромной скоростью приближался к поверхности планеты. Из двадцати его обитателей семнадцать были парализованы колоссальными перегрузками, возникшими при торможении. Разбросанные по своим постам в разных отсеках космолета, они неподвижно лежали или сидели, ухватившись за что попало, крепко стиснув зубы и закрыв глаза. Этим семнадцати еще повезло: им надо было только держаться, терпеть и ждать. Принимать решения и действовать должны были те трое, что находились в отсеке управления.

Из них наиболее невозмутимым казался штурман, в руках которого сосредоточились все оставшиеся возможности управления полетом. Маневр перехода на траекторию спуска был выполнен им мастерски. Он сумел провести корабль от верхней границы атмосферы в ее нижние слои, превратить полет из стремительного падения раскаленного метеора в обычное пикирование, но и оно все-таки грозило гибелью. Но при торможении пришлось пожертвовать двумя группами двигателей. Сейчас штурман ждал, когда откажет третья, последняя.

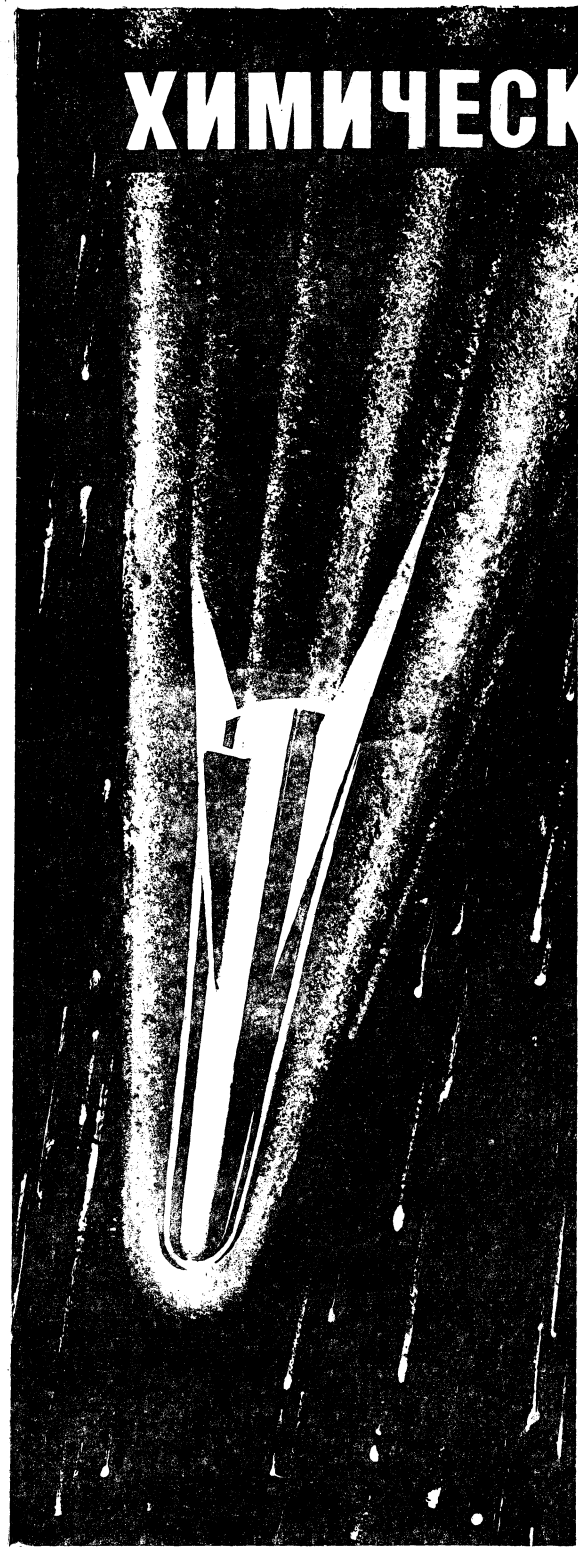
Капитан сжимал в окаменевшем кулаке микрофон и, болезненно напрягая легкие, хрипло выдавливал слово за словом. На полу перед пультом управления ничком, закрыв глаза, лежал радист. В зубах он держал бумажный ком, чтобы заглушить свист дыхания, мешавший ему слышать натужный капитанский шопот.

Каким-то чудом невероятная тяжесть растаяла: словно гигантский слон медленно одну за другой снимал ноги с его спины. Радист приподнялся.

— Надо немедленно садиться,— отрывисто произнес штурман, снова обретая возможность говорить,— двигатели могут отказать в любой момент.

Капитан Баскомб оглядел незнакомый ландшафт. Он искал какое-нибудь приметное место, какой-нибудь ориентир, который можно легко опознать. Внизу расстился плоский безжизненный каменистый континент. За его краем показалось ярко-синее море. Капитан увидел реку, соединявшую цепочку озер, чашу долины, поросшую буйной растительностью, устье.

Забыв на миг, что надо срочно принимать решение, капитан удивленно воскликнул:



— Сириус меня побери, что это такое! — Не дожидаясь ответа, он бросил штурману: — Садимся там. Место приметное.

Баскомб повернулся к радисту:

— Передайте, что мы садимся на западном побережье континента, недалеко от экватора, рядом с цепочкой, — он наклонился вперед, пересчитывая яркие пятна, — из пяти разноцветных озер. Мы сядем рядом... — он вновь умолк, чтобы лучше изучить быстро приближающийся пейзаж, — рядом с красным.

Недалеко от озера вздымался ровный ворс синих зарослей. Капитан надеялся, что растительность окажется достаточно густой и смягчит удар при посадке.

Умирающие двигатели едва смогли притормозить стремительное падение корабля. «Персефона» грузно ударилась о поверхность планеты. Раздался пронзительный скрежет.

Штурман разжал пальцы, сжимавшие штурвал, осторожно опустил скрещенные руки на пульт управления и положил на них голову, отдавшись во власть блаженного бездействия. Никто не хлопнул его по спине, не пожал руку. Он только что спас всем жизнь, совершив почти невероятное, но в Межпланетной службе не принято говорить о героизме. Признательные собраты по экипажу, которые постепенно возвращались к жизни, с трудом осознавая, что они каким-то чудом уцелели, постарались не нарушить отдых штурмана.

Последние крохи энергии аккумуляторов были истрачены на передачу сигнала бедствия. Теперь оставалось только ждать выручки. Капитан выделил вахтенных. Свободные от вахты отправились спать.

* * *

Часа через четыре сон космонавтов был прерван толчком и криками вахтенных. Корабль угрожающе кренился. Бросившись к иллюминаторам, люди поняли, что произошло. Синяя растительность, служившая посадочной площадкой, вздулась бугром под кромкой корпуса и медленно клонила космолет в сторону невысокого крутого откоса, который спустился прямо в озеро. Новый толчок опрокинул корабль на бок. Все устремились к выходным люкам, но наружная обшивка корабля оплавилась во время падения сквозь атмосферу, наглухо замуровав его обитателей. Ослепший, лишенный средств связи космолет был беззащитен. Если бы в аккумуляторах еще оставалась энергия! Тогда путь наружу можно было бы прорезать сварочными аппаратами. Медленное, неумолимое всплывание зарослей сдвигало «Персефону» метр за метром к краю откоса.

* * *

Сигнал бедствия услышали два космолета. Корабль Планетной службы «Ганнибал» под командо-

ванием капитана Бриттхауза (он находился ближе к потерпевшим аварию) и мощный космолет Межпланетной службы — «Вероника» командора Джэппа. Оба командира без особого энтузиазма приняли сигнал бедствия. Правда, они отозвались на него достаточно быстро — так, как и полагалось, но они отнюдь не горели желанием сменить курс.

Командору Руперту Джэппу предстояла весьма важная встреча. Он летел, как и «Персефона», на сбор всех кораблей флотилии Сектора. Этот сбор завершал общие маневры, которые проводились раз в десять лет. Джэпп рассчитывал пристроиться поближе к самому адмиралу и жаждал прибыть к месту встречи как можно раньше. Сигнал бедствия разрушил все его планы, и вскоре экипаж космолета испытал на себе недовольство командора.

Капитан Уильям Бенджамин Бриттхауз был раздосадован не меньше. Он тоже спешил на свидание, но не с флотом и даже не с адмиралом, а с девушкой. В кармане капитана лежало обручальное кольцо. Сигнал бедствия грозил и его планам, но мгновенно сделанный расчет показал, что даже задержавшись на три дня, он все же успеет прибыть вовремя. А значит останется примерно четыре часа на то, чтобы оформить отпуск, встретить Джени, сделать ей предложение, обвенчаться и сесть на трансгалактический экспресс, направлявшийся к Земле. Решив, что он вполне управится в этот срок, Бриттхауз вызвал своих помощников — лейтенантов Боба Крофтона и Джона Майкельсона и втолковывал им, почему надо лететь с максимальной скоростью.

Пока два корабля мчались на помощь, управления Планетной и Межпланетной служб ввязались в очередную междоусобицу. Раз поврежденный корабль находится на поверхности планеты и к тому же послал сигнал о помощи, само собой разумеется, Планетная служба хотела взять руководство спасательной операцией на себя и назначить старшим капитана Бриттхауза. Начальство Межпланетного управления, естественно, пришло в ярость от этого вежливого высокомерия. Оно считало, что, поскольку аварию потерпел один из их кораблей, и ему на помощь летит не кто-нибудь, а командор, то кротам из Планетной службы совершенно незачем соваться в это дело. Однако речь шла о жизни двадцати людей, и межпланетники не могли официально высказать эту точку зрения. Они дипломатично предложили командование операцией возложить на старшего из офицеров. А то, что командор Джэпп был старше капитана Бриттхауза по званию, по стажу, по должности и даже по возрасту, особенно по возрасту, конечно, оказалось чисто случайным совпадением. Чисто случайным...

В конце концов где-то в самых высоких кругах было принято компромиссное решение: руководство операцией автоматически возлагалось на командира

того корабля, который первым войдет в атмосферу планеты, где потерпела аварию «Персефона». Сообщение об этом застало корабли в тот момент, когда они, сблизившись на краю небольшой планетной системы, одновременно развернулись и направились к цели.

Капитан Бриттхауз расхохотался. Когда смеялся Билл Бриттхауз, раскатистые звуки были слышны почти по всей носовой части корабля. Он помахал полученной депешей перед носами лейтенантов и, вконец обессилив от смеха, сел, утирая слезы. Он был молод и потому был способен юмористически относиться к подобным ситуациям.

Обретя, наконец, дар речи, Бриттхауз сказал:

— Ладно. По крайней мере, они не отдали все на откуп этим межпланетным бродягам. Мы вытащим этих простофилю из дыры, в которую они угораздились. А потом Управление сможет разобраться, соблюдали мы приличия или нет.— И, повернувшись к радисту, добавил,— передайте привет командиру корабля Межпланетной службы и предложите встретиться для обсуждения совместных действий по спасению экипажа «Персефоны».

Послание Бриттхауза вызвало явное раздражение командора. Он был уверен, что ему сообщает: «Я в вашем распоряжении». А предложение о сотрудничестве — это же просто оскорбление! С какой стати он должен сотрудничать! Да еще с каким-то капитаном, и к тому же с капитаном этой кротовой службы!

Джэпп передал своему командованию решительное требование немедленно вмешаться и пресечь недопустимое поведение капитана Бриттхауза. А пока приходилось принаравливать к этому щенку. Стремясь оттянуть время, он ответил, что прежде надо найти потерпевший аварию корабль, и тогда спор решится сам собой — капитану Баскомбу, командиру «Персефоны», не останется ничего другого, как подчиниться его приказаниям.

К несчастью, замыслы командора рухнули: «Персефона» исчезла.

■ * ■

Капитан Бриттхауз завтракал, когда лейтенант Майкельсон позвал его в отсек управления. Соорудив нечто вроде бутерброда из остатков завтрака, Бриттхауз прихватил его с собой и направился туда. «Ганнибал» летел над ярко-синим морем. Его цвет действительно был ярко-синий. Не тот дымчатый, который рождается рассеянием света в толще воды, а ослепительно яркий цвет непрозрачной свежескрашенной поверхности. Вдали виднелся берег.

— Давайте, снизимся, Майк,— сказал Бриттхауз,— взглянем поближе. Самое странное море, какое я когда-либо видел.

«Ганнибал» снизился, и они увидели, что все море покрывала плотная пелена листьев, напоминавших листья водяных лилий. Она простиралась на сотни миль. Лишь кое-где ее прорезали зловеще темные трещины, в которых виднелись пенистые гребешки волн, говоривших о быстром течении. Корабль вновь набрал высоту, продолжая поиски «Персефоны».

Лейтенант Майкельсон снова и снова перечитывал сообщение, переданное с «Персефоны», пытаясь разгадать его смысл: «...рядом с цепочкой из цветных озер. Мы сели рядом с красным озером. Двигатели вышли из строя, аккумуляторы...». На этом сообщение обрывалось.

— О чем задумались! — рявкнул над его ухом Бриттхауз. Он перегнулся через стол Майкельсона и показал на прибрежную полосу, которая вырастала на экране.— Вот же они!

Действительно, это были они. Пять красивых маленюких озер сверкали на фоне темно-синей береговой растительности, словно драгоценные камни на бархате — рубин, сапфир, изумруд...

— А где же «Персефона»? — вдруг резко спросил Бриттхауз.

Лейтенанты не знали, что ответить — рядом с красным озером космолета не было.

Если верить сигналу бедствия, то к моменту посадки двигатели находились в таком безнадежном состоянии, что о каком-либо передвижении корабля «своим ходом» не могла идти речь. Ориентиры места посадки, переданные «Персефой», спутать было невозможно, и все-таки отыскать ее не удавалось.

Чтобы внимательнее обследовать местность, Майкельсон вновь снизил корабль, пролетев при этом вблизи «Вероники», которая уже крейсировала над долиной, так как не теряла попусту время на разглядывание моря. «Ганнибал» приблизился к устью реки, и Бриттхауз окинул взглядом ландшафт. Небесно синяя растительность моря резко выделялась на фоне значительно более темных зарослей, покрывавших берег и низменные участки материка.

— Похоже, что растительная жизнь здесь только еще выкарабкивается из моря,— заметил Бриттхауз.— Пожалуй, эта планета малость запаздывает. Что за атмосфера здесь, Боб!

— Земного типа, правда, кислорода всего около десяти процентов.

— Тогда все в порядке,— сказал капитан,— Майк, опустите корабль ниже и идите на бреющем полете вверх по реке.

■ * ■

Морские растения забили почти все устье реки: только на самой середине быстрое течение образовало несколько протоков. Растительность буквально

заполнила долину. Она сплошь окружала каждое озеро, и лишь по неровному рельефу местности можно было судить, что это — не огромное болото.

— Может быть, я просто крепок задним умом,— произнес Бриттхауз,— но я бы никогда не посадил корабль в подобном местечке. Оно слишком красиво, чтобы быть безопасным.

Лейтенанты кивнули в знак согласия. Длительный опыт научил космонавтов, что жизнь может сыграть самую неожиданную шутку с неосторожными.

— А почему же Баскомб сядил здесь! — спросил Крофтон.

— Замысел был неплох,— ответил капитан.— Он знал, что двигатели обречены, а радиопередатчик может выйти из строя в любой момент. У него не было времени вычислить координаты места, а без передатчика он не мог посылать пеленг, чтобы мы его разыскали. Поэтому надо было найти какой-то заметный ориентир на местности. И он нашел его, но ему не следовало сажать корабль в самую гущу этой синей каши. Он мог бы сесть вон на ту возвышенность, за озером. Все равно было бы легко искать. Но суть в том, что его сейчас здесь нет. Свяжитесь с «Вероникой» и передайте, что мы предлагаем устроить базу на возвышенности, в начале долины и выработать общий план действий.

Однако у командора Джэппа нашлись возражения. Он привык действовать с борта своего корабля. Поверхность планеты для него была либо космодромом, либо местом, которого следовало избегать. Поэтому он пригласил капитана Бриттхауза к себе, указав, что у него условия более благоприятны.

— Черт бы побрал этого дурака с его условиями! — выругался Бриттхауз.— Наверное, он имеет в виду, что его штурманская рубка устлана каким-нибудь ковром.

Он повернулся к своим помощникам:

— Вы останетесь за старшего, Майк,— сказал он,— Боб, скажите сержанту Дэвису, пусть приготовится принять посыльную авиэтку с «Вероники». Вы отправитесь со мной и будете поддерживать меня морально. От этих чуел из Межпланетного флота у меня мурашки ползут по спине. И чтобы я больше не слышал этого «О'кей, босс»,— рявкнул он, когда Крофтон попытался ответить ему.— Чеканьте: «Слушаю, сэр» и щелкайте каблуками, черт вас возьми! Пошли.

* * *

Бриттхауз приготовился поздороваться за руку, но Джэпп приветствовал его строго уставным салютом и повел мимо почетного караула в офицерскую столовую. Капитан почувствовал себя не в своей тарелке, еще до того как они преодолели половину без-

укоризненно чистого коридора. Бриттхауз был в обычной служебной форме, а Джэпп сиял великолепием парадного мундира командора второго класса. Многочисленные регалии бряцали и позванивали в такт его торжественной поступи. Войдя в офицерскую столовую, Бриттхауз остановился как вкопанный. Стол, накрытый для офицерского приема, блестел стеклом и фарфором. Офицеры «Вероники» вытянулись двумя неподвижными серебряно-голубыми шеренгами. Бриттхауз возмутился: подумать только, где-то рядом людям из их же флота, может быть, угрожает смертельная опасность, а этот попугай устраивает прием! «К черту традиции»,— решил Бриттхауз,— я не собираюсь участвовать в этом спектакле». Он расправил плечи и повернулся в дверях.

— Командор Джэпп, с вашего позволения я хотел бы поговорить с вами наедине.

Лицо командора не изменилось. Он предвидел такой оборот дела: капитан сам шел в ловушку.

— Если вы считаете это необходимым, капитан Бриттхауз, я готов.

Тоном ответа командор давал понять, что только неотесанный бурбон из Планетной службы мог иметь такие скверные манеры. Он обратился к остальным офицерам:

— Вольно, господа, мы вас не задержим долго.

Закрыв дверь каюты, Джэпп повернулся к капитану. Несмотря на сутулость, он был на несколько дюймов выше коренастого Бриттхауза.

— Ну, Бриттхауз, в чем дело! — Командор ухитрялся оскорблять, и упоминая ранг собеседника, и забывая об этом.

Бриттхауз сдержался:

— Я полагаю, сейчас вряд ли подходящее время для соблюдения формальностей. На мой взгляд, надо как можно скорее приступить к поискам. У нас нет...

Джэпп резко оборвал его:

— Я уже отправил необходимое донесение. Весь флот Сектора летит сюда с предельной скоростью и будет здесь примерно через восемьдесят часов. До его прибытия мы ничего не сможем сделать.

Такого ответа Бриттхауз никак не ожидал. На какое-то мгновение он лишился дара речи.

— Но.., но.., зачем вызывать флот! — пробормотал он, наконец.— Разве мы не можем сами сделать все, что надо!

Это было даже лучше, чем ожидал Джэпп: оставалось только захлопнуть тщательно подготовленную ловушку.

— Мой дорогой капитан, было бы просто самоубийством предпринимать действия против враждебной цивилизации с двумя небольшими кораблями. Во всяком случае, это четко определено нашим



Уставом. Я не имею права рисковать моим кораблем перед лицом организованной разумной жизни.

Если до сих пор Бриттхауз удивлялся, то сейчас он буквально ошеломлен. У него даже мелькнула мысль, что кто-то из них сошел с ума — доводы Джэппа имели столько же здравого смысла, сколько бормотание андромедийских обезьян. Наконец, он нашел возражение, за которое можно было ухватиться.

— Какая организованная разумная жизнь? — спросил он. — Какие ее признаки вы увидели?

— Я полагал, что это вполне очевидно, — ответил Джэпп ледяным тоном. — Легкий крейсер серии IX с инерциальной массой в 8000 тонн бесследно исчезает через двадцать часов после посадки. Только организованные разумные существа способны перевезти объект подобных размеров за такое время, не оставив видимых следов. И, что еще важнее, только у организованных разумных существ могло бы возникнуть такое желание. Какие, неспособные к мышлению существа осмелились бы приблизиться к столь крупному неизвестному для них объекту? Может быть, у вас есть другое объяснение?

Бриттхауз совершенно не знал, что ответить. Конечно, другого объяснения у него не было. Капитан еще всерьез и не обдумывал этот вопрос. Он предпочитал прежде, чем строить гипотезы, ознакомиться с фактами. Однако было бы бесполезно излагать свою точку зрения этому... этому «греку». Он знал, с людьми подобного типа спорить бесполезно.

Внезапно Бриттхауз вспомнил о своем свидании с Дженни и, преисполнившись глубокого раздражения, подумал, что хорошо было бы вообще не вмешиваться в эту историю.

— Прошу прощения, командор, — сказал он, — но я не могу согласиться с вами. Мне нужно немедленно вернуться на свой корабль.

Не попрощавшись, два космонавта из Планетной службы прошли мимо стоявшего навзятку караула в посыльную авиэтку.

Бриттхауз с горечью подумал о жалком виде, который имел, попав в неожиданную ситуацию (ему и в голову не приходило, что все было заранее подстроено), о своем все испортившем поведении. Он не любил, когда его заставляли принимать поспешные решения. А Джэпп, судя по всему, принадлежал к числу легендарных героев, которые «прославились способностью принимать быстрые решения в чрезвычайных обстоятельствах». Капитан всегда весьма недоверчиво относился к этому достоинству, подозревая, что за ним скрывается просто неумение видеть одновременно несколько возможных решений. Состоявшаяся встреча не поколебала это мнение. Он понимал, даже речи не может быть о том, чтобы, поддавшись своему желанию, убраться от-

сюда и оставить невыносимого Джэппа одного. Пока была надежда — пусть самая призрачная — спасти экипаж «Персефоны», он не мог улететь, не сделав все, что в его силах.

Капитан вернулся к прежнему решению: за оставшееся в его распоряжении время — он не собирался пропускать встречу с Дженни — попытаться найти (вместе с Джэппом или без него) потерпевших аварию.

— Итак, завтра, — закончил Бриттхауз разговор со своими помощниками, — как только рассветет, мы спустимся на поверхность планеты и пошарим вокруг этих опереточных озер.

Сутки на планете длились около тридцати часов. Из-за значительного наклона ее оси вращения ночь здесь продолжалась двенадцать часов, а день — семнадцать. Короче говоря, условия были идеальными для человека, который решил работать до полного изнеможения. «Иначе ничего не выйдет, — мрачно подумал капитан, — надо уложиться в срок».

Решение Бриттхауза, взявшегося за поиски с раннего утра, сразу же было вознаграждено. Косые лучи здешнего солнца резко обозначили все особенности рельефа. Рядом с красным озером спасатели увидели длинный овальный холм, ускользавший прежде от их внимания. Его очертания соответствовали форме «Персефоны». Бриттхауз не стал терять время на размышления. Майкельсон перевел корабль в стремительное пики и, резко затормозив, посадил его на голую скалистую площадку за пределами полосы синей растительности.

Еще когда корабль снижался, сержант Дэвис начал запускать двигатели «Дженни» — гусеничного универсального вездехода. Через тридцать секунд после посадки вездеход с Бриттхаузом, Бобом Крофтоном и сержантом уже сползал по трапу, лязгая гусеницами. На крутом и каменистом спуске в долину хромомолибденовые траки гусениц вездехода скрежетали, высекая искры. Сержант Дэвис знал свое дело, да и вездеход мог выдержать любые каверзы, которые в состоянии были подстроить обитатели Вселенной. Миниатюрные ядерные двигатели позволили полностью нагруженному вездеходу пройти, когда это понадобилось, сквозь топи Сириуса IV, где притяжение в несколько раз превосходило земное. Поэтому вездеход, даже не замедляя движения, врезался в густые заросли.

Их образовали примитивные растения — метровые стебли, увенчанные мягкими и сочными листьями. «Дженни» попала в свою стихию: растительность для нее — не препятствие. Она вспарывала заросли, скользя и буксуя на мокрых, упругих стеблях, перемалывая их гусеницами в сочную кашу. Ошметки листьев до того густо облепили прозрачный колап вездехода, что сквозь него едва можно было

различить искаженный силуэт «Ганнибала», из которого по радио корректировали движение вездехода.

— О'кэй, Бритт,— прозвучал в наушниках голос Майкельсона,— холм в нескольких метрах перед вами.

Но экипаж вездехода и без этого уже увидел холм. Это был просто-напросто участок заросли, где растения поднимались выше, чем обычно. Поразительно, необъяснимо, но этот бросающийся в глаза островок заросли по своим размерам почти точно соответствовал длине пропавшей «Персефоны» и находился как раз там, где корабль произвел посадку.

«Дженни» дважды пересекла островок — вдоль и поперек. Но спасатели не обнаружили никаких следов. Затем Майкельсона осенило:

— Что там за поверхность! — спросил он. — Может быть корабль погрузился в почву!

Ему ответили, что поверхность скалистая.

— Нет почвы! — переспросил Майкельсон. — Куда же уходят корни растений!

Скоро был получен ответ и на этот вопрос: растения не имеют корней. Их стебли, подобно сети разветвленных кабелей опутывают скалы. Одни из них спускаются в ближнее озеро, другие изгибаются вокруг озер, а большинство тянется через всю долину к берегу и дальше в море..

(Окончание в следующем номере)

Перевод с английского
Б. И. КОЛТОВОГО и Ю. И. ЛОГИНОВА

Рисунки А. К. СОКОЛОВА

ИТОГИ ПЕРВОЙ ЗАОЧНОЙ ЧИТАТЕЛЬСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

Вместе с пятым номером журнала 1966 г. была разослана небольшая анкета. В связи с этим в редакцию прислано свыше 600 писем почти из 100 городов СССР. Наибольшее количество откликов получено из Москвы, Ленинграда, Киева, Харькова и Кемерово. Ответы присланы также из обсерваторий Австрии, Финляндии и Чехословакии.

Анализ писем читателей показал, что проблемы строения Земли и Вселенной интересуют в нынешний «космический» век не узкий круг специалистов, а буквально всех: школьников и пенсионеров, научных сотрудников и рабочих, колхозников и военнослужащих, студентов и учителей. Велик диапазон возрастов читателей: от 13 до 89 лет.

Несмотря на такое разнообразие профессий и возрастов, журнал пришелся по душе читателям. Подавляющее большинство авторов писем положительно отзывалось о журнале. Многие на вопрос «Какие из опубликованных материалов Вы считаете наиболее интересными?» отвечают «Все» и не считают нужным отме-

чать материалы неинтересные и неудачные.

При общей положительной оценке журнала читатели отмечают те материалы и разделы, которые им больше всего понравились. Из основных проблемных статей журнала наибольшее количество голосов получили: репортаж «Звезды и Вселенная» (№ 3, 1966); а также статьи К. Ф. Огородникова «Строение и динамика Галактики» (№ 2, 1966); Л. Маршалла, Л. Беркнера «Кислород и эволюция» (№ 4, 1966); В. Г. Фесенкова «Могут ли кометы состоять из антиматерии» (№ 4, 1966); П. В. Мюрсеппа «Бернхард Шмидт — выдающийся оптик XX века» (№ 6, 1965), С. П. Хромова «Тропические ураганы» (№ 2, 1966).

Большой популярностью пользуются разделы журнала «Любительская астрономия», «Новости науки», «Люди науки», «Дискуссии, гипотезы, предложения».

Разноречивые отзывы получены о разделах «Фантастика» и «Космическая филателия». Многим фантастика нравится, и они просят и впредь ее печатать. Другие считают, что фантастике не место в журнале, а нужно публиковать только научные материалы об ос-

воении космоса, исследовании Земли и Вселенной. Нет единодушия также и в оценке филателистических материалов.

Оформление журнала читатели одобряют. Основные пожелания сводятся к тому, чтобы чаще публиковались не только черно-белые, но и цветные фотографии.

Некоторые читатели считают, что в журнале не должно быть «трудных» статей. Однако таких статей немного и они отвечают интересам астрономов-профессионалов и геофизиков, которые составляют вполне ощутимую долю подписчиков журнала.

К недостаткам журнала читатели относят краткое освещение материалов симпозиумов, конференций, съездов, очень ограниченную информацию о научных результатах космических исследований в нашей стране и за рубежом.

Итоги первой заочной читательской конференции очень ценны, хотя сейчас трудно определить, в какой степени они отражают интересы всех читателей. Критические замечания и многие интересные предложения будут с благодарностью приняты редакцией и учтены в ее дальнейшей работе.

Редакция

«КОГДА СОТРЯСАЕТСЯ ЗЕМЛЯ»

Сообщение о том, что где-то произошло землетрясение, люди обычно воспринимают как весть о катастрофе, унесшей множество человеческих жизней. Между тем в действительности дело обстоит совсем иначе — из многих десятков тысяч землетрясений, ежегодно происходящих на земном шаре, всего одно-два бывают катастрофическими. Подавляющее же большинство подземных толчков настолько слабы, что их отмечают лишь специальные высокочувствительные приборы — сейсмографы.

Подобное несоответствие общераспространенных представлений истинному положению вещей лучше всего свидетельствует о том, насколько мало люди знают о землетрясениях. Интерес советского читателя к землетрясениям возрос после многочисленных подземных ударов в Ташкенте в 1966 г. Поэтому следует признать вполне своевременным появление в русском переводе книги американского геофизика Э. Робертса «Когда сотрясается земля»*.

Книга Робертса, длительное время занимавшегося изучением землетрясений, посвящена проблеме в целом. Хотя и с разной степенью подробности, автор рассматривает причины возникновения землетрясений, природу происходящих при этом процессов,



методы изучения землетрясений, описывает многочисленные примеры наиболее сильных подземных ударов, касается подводных землетрясений, вызывающих разрушительные морские волны — цунами, и т. д.

Не все части книги одинаково удачны. С живейшим интересом читается история воззрений на природу землетрясений, очень любопытны описания многих сильнейших сейсмических катастроф, причем автор приводит данные, малоизвестные даже специалистам, например, о сильном землетрясении 1958 г. на Аляске, или рисует со слов очевидцев страшную картину цунами на Гавай-

ских островах. К сожалению, места книги, посвященные причинам возникновения землетрясений, менее удачны. В известной мере этот недостаток восполняется примечаниями члена-корреспондента Академии наук СССР Е. Ф. Саваренского, под редакцией которого вышел перевод книги.

Большое достоинство книги — живой образный язык — язык остроумного рассказчика, который умеет популярно (и всегда строго научно!) изложить самые сложные вопросы.

Книгу Робертса можно с уверенностью рекомендовать широким кругам читателей, в первую очередь — молодежи.

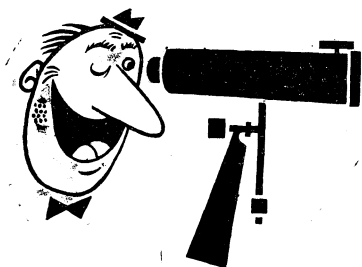
Б. А. ПЕТРУШЕВСКИЙ,
доктор геолого-минералогических наук

КНИГИ 1967 ГОДА

УИПЛ Ф. Земля, Луна, планеты. Перевод с английского. 18 л. Изд. «Наука». 18 лет назад впервые вышла в свет книга Ф. Уиппла, рассказывающая о телах солнечной системы. Это переработанный в соответствии с достижениями в космической астрономии вариант книги, впервые изданной 18 лет назад.

ФРАНК-КАМЕНЕЦКИЙ Д. А. Ядерная астрофизика. 2 л. Изд. «Знание». В брошюре популярно излагаются новейшие сведения о процессах, происходящих в звездах и галактиках.

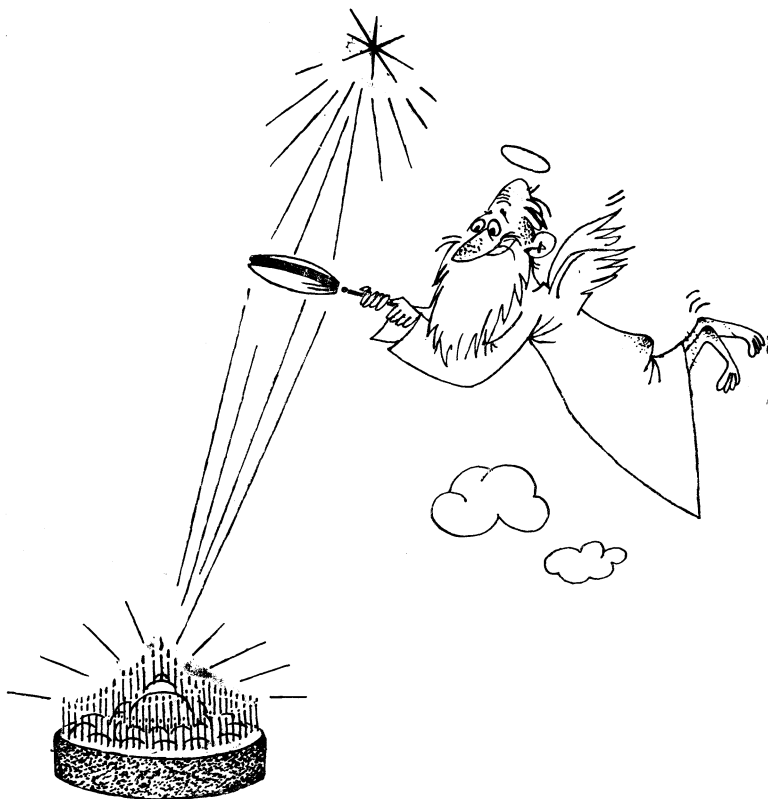
* Э. Робертс. «Когда сотрясается земля». Изд. «Мир», М. 1966 г.



«РОВЕСНИКИ»

В январе 1967 г. в Филадельфии (США) отмечалась 261-я годовщина со дня рождения известного американского ученого и политического деятеля В. Франклина (1706—1790). В соответствии с традициями англо-саксонских стран был изготовлен пирог, в который воткнули 261 свечу. Свечи были зажжены с помощью специального электронного механизма, включаемого светом от звезды у Андромеды. Эта звезда находится от нас на расстоянии 261 светового года. Таким образом, световые лучи, включившие механизм зажигания свечей, зародились на поверхности звезды и начали свой путь через межзвездное пространство в год рождения В. Франклина.

По материалам газеты «Юманите»
от 19 января 1967 г.



Орган секции физико-технических и математических наук
Президиума Академии наук СССР
и Всесоюзного астрономо-геодезического общества

Научно-популярный
журнал
«ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ»

Редакционная коллегия:

Главный редактор доктор физ.-мат. наук Д. Я. МАРТЫНОВ
Зам. главного редактора доктор
физ.-мат. наук И. А. ХВОСТИКОВ

Ответственный секретарь кандидат пед. наук Е. П. ЛЕВИТАН
Кандидат физ.-мат. наук В. А. БРОНШТЭН, доктор техн. наук
А. А. ИЗOTOV, кандидат физ.-мат. наук И. К. КОВАЛЬ, кандидат
физ.-мат. наук М. Г. КРОШКИН, доктор физ.-мат. наук Р. В. КУ-
НИЦКИЙ, доктор физ.-мат. наук Б. Ю. ЛЕВИН, кандидат физ.-мат.
наук Г. А. ЛЕЙКИН, академик А. А. МИХАЙЛОВ, кандидат физ.-
мат. наук И. Д. НОВИКОВ, доктор физ.-мат. наук К. Ф. ОГОРОД-
НИКОВ, доктор геол.-мин. наук Б. А. ПЕТРУШЕВСКИЙ, доктор
физ.-мат. наук В. В. РАДЗИЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук
Ю. А. РЯБОВ, доктор техн. наук К. П. ФЕОКТИСТОВ, академик
В. Г. ФЕСЕНКОВ.



Адрес редакции:
Москва, В-333,
Ленинский пр., 61/1.
Тел АВ 7-78-14
АВ 7-67-09

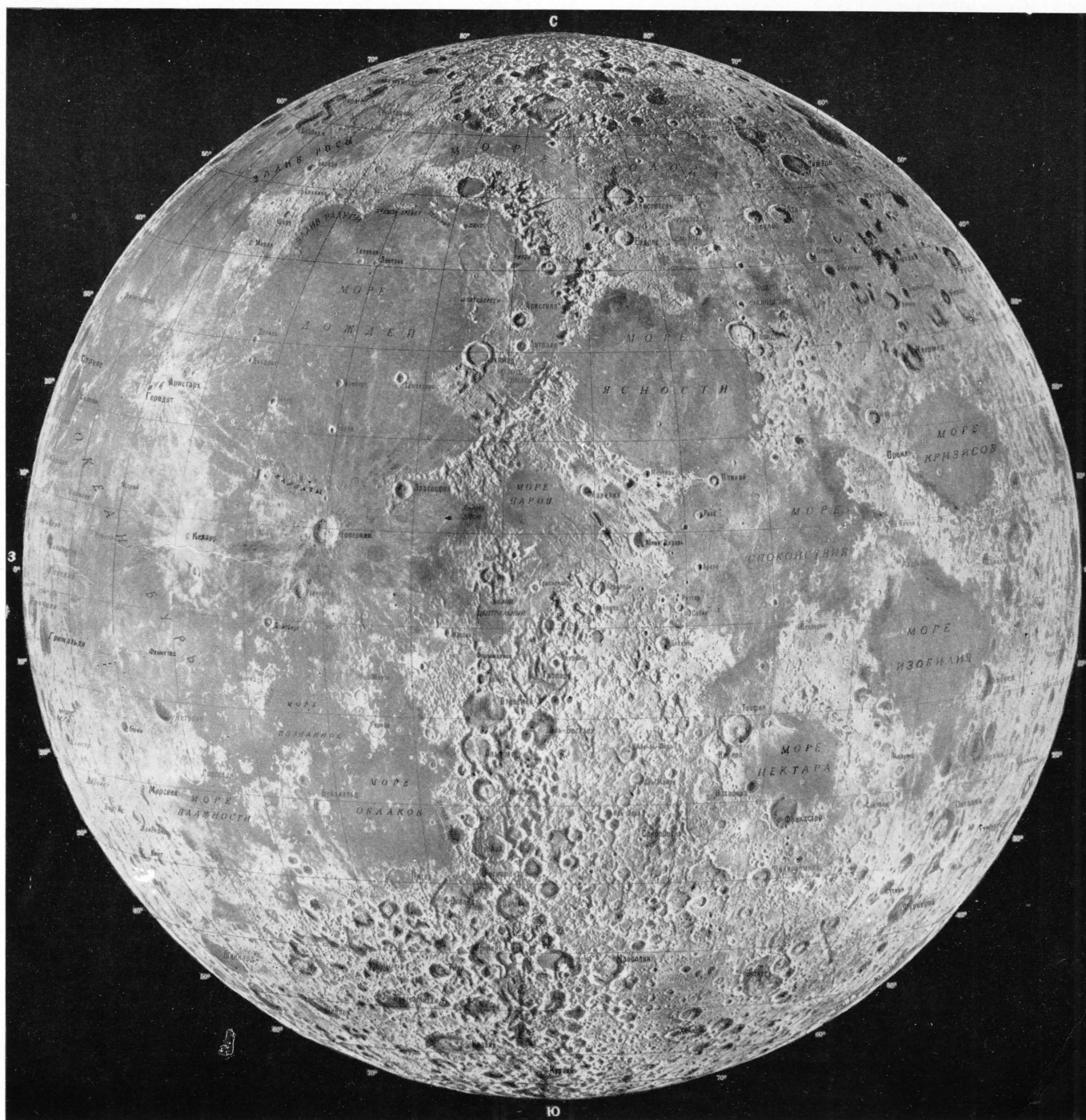
Художественный редактор
Л. Я. Шимкина

Корректоры А. М. Балунова,
Г. Н. Нелидова

Т-05495. Сдано в набор 14/III 1967 г.
Подписано к печати 23/V 1967 г.
Формат бумаги 84×108^{1/16}.

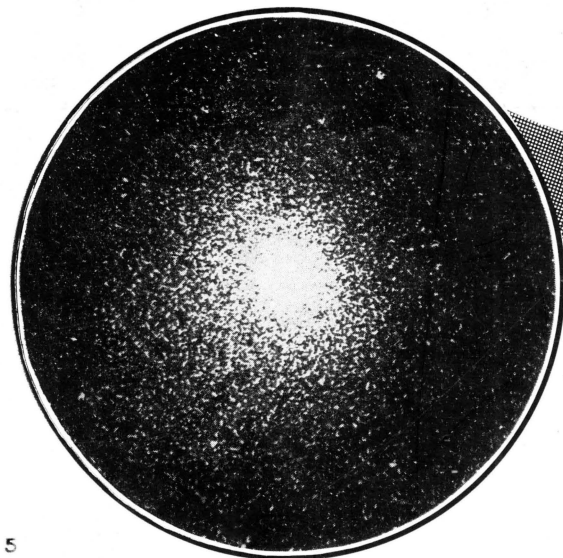
Печ. л. 6,0 (10,08) Уч.-изд. л. 10,9
Тираж 39.500 экз.

Цена 30 коп. Заказ 2370

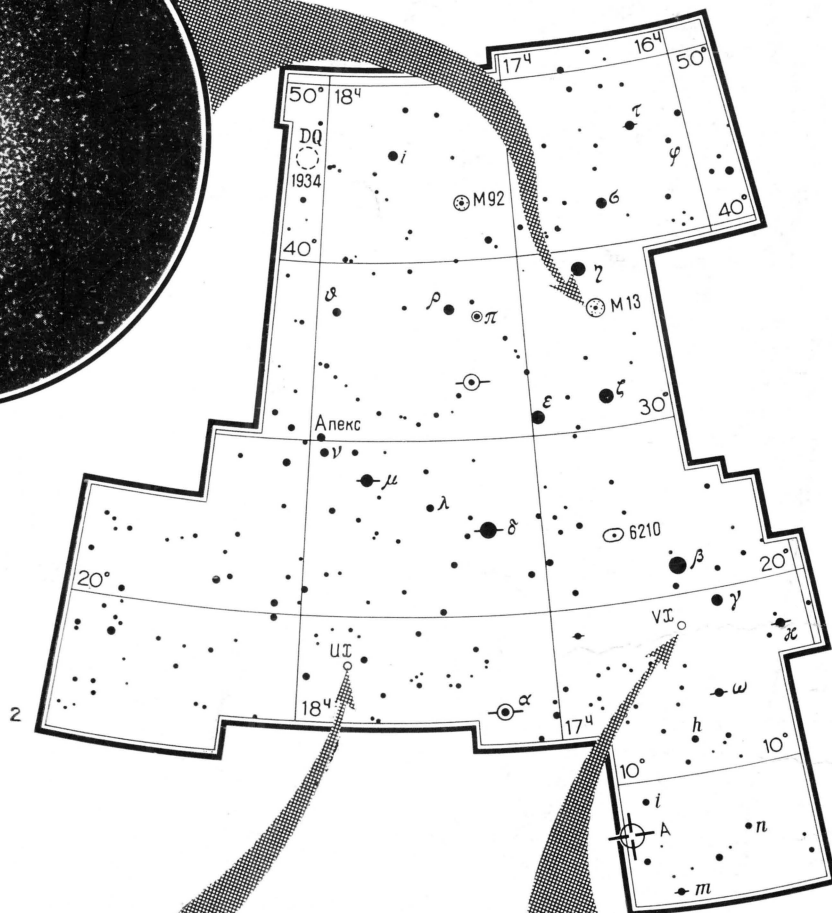


Новая фотографическая карта видимого полушария Луны (к стр. 12)

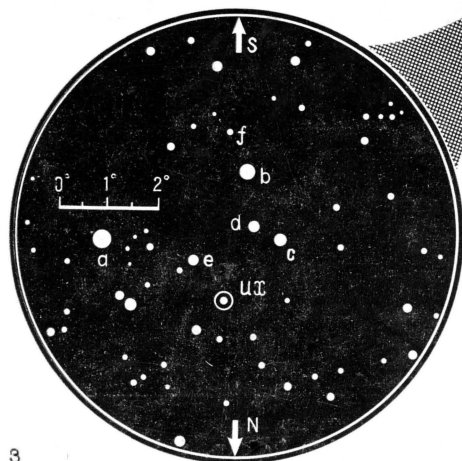
Созвездие Геркулеса



5

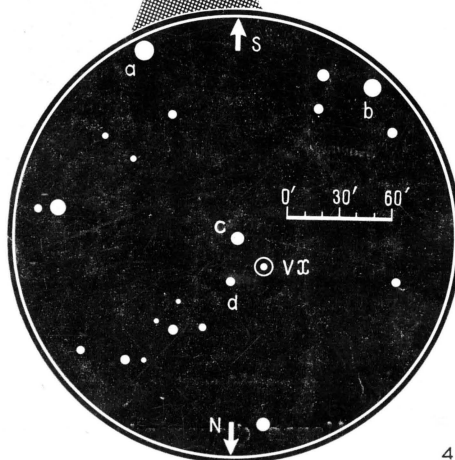


$a = 7,67$
 $b = 7,77$
 $c = 8,52$
 $d = 9,01$
 $e = 9,24$
 $f = 9,50$



3

$a = 8,98$
 $b = 9,82$
 $c = 10,79$
 $d = 11,99$



4

Цена 30 коп.

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

Индекс 70336

